В.А. Усольцев

Электронный архив УГЛТУ

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

МЕТОДЫ, БАЗА ДАННЫХ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Caring for the Forest:
Research in a Changing World

Электронный архив УГПТУ

Докучаев Василий Васильевич
(1846–1903)

Создатель учения о географических зонах природы

Электронный архив УГПТУ

Чижевский Александр Леонидович
(1897–1964)

Основоположник гелиобиологии

Электронный архив УГЛТУ

Тимирязев Климент Аркадьевич
(1843–1920)

Основоположник российской научной школы физиологов растений

Электронный архив УГЛТУ

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ
АНАТОЛИЯ ИВАНОВИЧА УТКИНА
ПОСВЯЩАЕТСЯ

Электронный архив УГЛТУ

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES • URAL BRANCH
BOTANICAL GARDEN

FEDERAL EDUCATION AGENCY
URAL STATE FOREST ENGINEERING UNIVERSITY

V.A. Usoltsev

BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF NORTHERN EURASIA'S FORESTS

METHODS, DATASETS, APPLICATIONS

YEKATERINBURG • 2007

Электронный архив УГЛТУ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК • УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
БОТАНИЧЕСКИЙ САД

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.А. Усольцев

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

МЕТОДЫ, БАЗА ДАННЫХ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

ЕКАТЕРИНБУРГ • 2007

Электронный архив УГЛТУ

УДК 630*52:630*174.754+630*16:582.475.4+630*587+630*425

Усольцев В.А. **Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения.** Екатеринбург: УрО РАН, 2007. ISBN 5–7691–1757–5.

На основании анализа отечественной и зарубежной литературы, а также результатов собственных исследований предложены современные методы определения фитомассы основных компонентов лесного насаждения и его первичной продукции (*NPP*). Очерчен круг неопределенностей, связанных с изучением биологической продуктивности насаждений, особенно в их подземной сфере. На конкретных примерах даны общие представления о высотном и зональных экотонах в связи с биопродуктивностью прилегающих к ним лесов. Сформировано дополнение 1153 определений к базе данных о фитомассе лесов Северной Евразии, опубликованной ранее (Усольцев, 2001) и включающей 5085 определений, и впервые приведена база данных о *NPP* насаждений на 1134 пробных площадях. На их основе рассчитаны многофакторные модели *NPP* и путем их совмещения с возрастными трендами таксационных показателей и фитомассы составлены таблицы возрастной динамики *NPP* для культур сосны и естественных насаждений сосны и ели. Путем совмещения моделей фитомассы и *NPP* с банками данных лесоустройства по 150 лесхозам Уральского федерального округа на площади 127 млн га рассчитаны запасы углерода (2679 млн т) и его годичное депонирование (165 млн т). Результаты представлены в виде карт-схем.

Usoltsev V.A. **Biological productivity of Northern Eurasia's forests: methods, datasets, applications.** Yekaterinburg: Ural Branch of Russian Academy of Sciences. 2007. ISBN 5–7691–1757–5.

When analysing home and foreigh literature and materials by the author, modern methods of estimating forest biological productivity are given. A number of uncertainties related to biomass and *NPP* estimation, especially for thin roots, is analysed. Concepts of altitudinal and zonal ecotones in relation to forest bioproductivity near them are discussed. A supplement in a number of 1153 plots to the database published earlier (Usoltsev, 2001) with 5085 forest biomass determinations, as well as a new database involving 1134 determinations of *NPP*, are suggested. Multiple regressions of *NPP* are calculated and *NPP* age dynamics tables for spruce and pine are compiled by means of joining *NPP* regressions with age trends of forest mensuration and biomass indices. Carbon pool (2679 Mt) and its annual deposition (165 Mt) are calculated by means of joining biomass and *NPP* regressions with National Forest Inventory System data on the area 127 Million ha of 150 forest farms of the Ural Federal District. Corresponding maps are designed.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 04–05–96083 и 07–07–96010)

Ответственный редактор
доктор биологических наук профессор **С.Г. Шиятов**

Рецензент
доктор сельскохозяйственных наук профессор **С.В. Залесов**

На обложке – лиственница на верхней границе леса хр. Шемур, Северный Урал (около 750 м над ур. м., 60°40' с.ш., 59°40' в.д.). Фото *М.Р. Бокачева*

ISBN 5–7691–1757–5

У $\frac{\text{ПРП-2006–64(06)–252}}{\text{8П6(03)1998}}$ ПВ-2007

© УрО РАН, 2007 г.
© В.А. Усольцев, 2007 г.

Электронный архив УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

В цикле статей конца XIX в. В.В. Докучаевым (1898–1900) были впервые показаны взаимосвязи живых организмов с окружающей средой в различных природных зонах. В развитие этой концепции В.И. Вернадский (1967) в своем учении о биосфере, касаясь проблемы солнечно-биосферных взаимодействий, писал: «В лике Земли выявляется поверхность нашей планеты, ее *биосфера*, ее наружная область, отграничивающая ее от космической среды... Он собирает всюду из небесных пространств бесконечное число различных излучений, из которых видные нам световые являются ничтожной частью... Изучение отражения на земных процессах солнечных излучений уже достаточно для получения первого, но точного и глубокого представления о биосфере как о земном и космическом механизме» (с. 225, 232).

Фундаментальное учение В.И. Вернадского о планетарной роли живого вещества и его эволюции в связи с космической организованностью биосферы (Назаров, 2003) дало импульс развитию в России нового научного направления – гелиобиологии, основоположник которого А.Л. Чижевский (1976) писал: «Как солнечные излучения, так и космические, являются главнейшими источниками энергии, оживляющей поверхностные слои земного шара» (с. 29). Комплексное развитие идей В.И. Вернадского и А.Л. Чижевского о связях биосферы с солнечной и геомагнитной активностью получило в работах С.М. Шугрина (Шугрин, Обут, 1986; Шугрин, 1999), а в наиболее общем и завершенном виде – в самостоятельном естественно-научном направлении, гелиогеодинамике (Леви и др., 2002, 2003), изучающей взаимосвязи пространственно-временных вариаций природных явлений и солнечной активности. Применительно к лесному покрову идеи зависимости его продуктивности от солнечной и геомагнитной активности получили развитие в работах российских дендроклиматологов (Ловелиус и др., 1972; Шиятов, 1986а; Ваганов и др., 1996). Однако сама активность Солнца и окружающего космического пространства пока не поддается какому-либо прогнозированию (Мирошниченко, 1981).

Влияние космоса на биосферу, в том числе на растительный покров планеты, определяется излучениями не только Солнца, но и других звезд (Константинов, Кочаров, 1965; Ловелиус, 1974), а также орбитальными воздействиями планет. Оно опосредуется и корректируется орбитальными смещениями Земли, а также внутренне обусловленными атмосферными процессами, количественно описывать и прогнозировать которые современная наука пока не в состоянии (Сун и др., 2001). Атмосфера, по Е. Лоренцу (Lorenz, 1963), является неустойчивой, хаотической системой и «помнит» свое прошлое не более двух недель.

Эти неопределенности в прогнозируемости влияния космических и атмосферных процессов на биосферу во все возрастающей степени усугубляются антропогенным фактором, и сегодня реальный прогноз климата с использованием метода аналогов возможен лишь до середины текущего сто-

Электронный архив УГЛТУ

летия (Будыко и др., 1992). Более того, согласно наиболее пессимистичному сценарию будущего из пяти, представленных в совместном докладе Всемирного фонда дикой природы (WWF), Лондонского зоологического общества и исследовательского центра США Global Footprint Network, вследствие нарастающего процесса сверхпотребления и отсутствия ориентации на обеспечение экосовместимой реальности к середине текущего столетия произойдет истощение ресурсов и крушение биосферы Земли (Грохлина, 2006). В результате неуклонного роста антропогенного вмешательства в биосферу и выбросов в атмосферу продуктов жизнедеятельности, в том числе такого биогена, как углерод, человечество столкнулось с крупнейшей, фактически тупиковой проблемой современности, и в настоящее время нет более широко обсуждаемого понятия, чем «устойчивое развитие» (Моисеев, 1999; Кондратьев, Лосев, 2002).

Необходимость разработки новых методов оценки запасов углерода, поглощаемого лесами из атмосферы и депонированного в лесных экосистемах, признана в 1997 г. XI Всемирным лесным конгрессом (г. Анталья, Турция) (Итоги..., 2000). В рамках концепции устойчивого развития промышленно развитые страны взяли обязательства о снижении эмиссии парниковых газов на 8 % в течение 10 лет (Kyoto Protocol..., 1997). В условиях недоказанности антропогенного происхождения глобального потепления это решение базировалось на фундаментальном *принципе предосторожности*, утвержденном этими странами в 1992 г. в Рио-де-Жанейро (Тарко, Зволинский, 2006).

Протокол обязывает мировое сообщество разработать стратегию компенсации промышленных выбросов биологической фиксацией атмосферного углерода как основного биогена планеты и стимулирует первый шаг человечества в познании глобального углеродного цикла. Ратификация протокола 160 странами мира продиктована стремлением предотвратить глобальную экологическую катастрофу, и «весь смысл Киотского протокола... в стимулировании политики ресурсосбережения, в том, чтобы богатые потребители природных благ сполна платили за них, а не осуществляли их присвоение на сверхльготных началах в ущерб всем тем, кто не успел к ресурсному пиршеству» (Данилов-Данильян, 2006, с. 159).

США игнорируют протокол Киото, как и многие другие международные конвенции. В книге «Война империй» депутат Европарламента Д. Кьеза (2006) отмечает понимание Соединенными Штатами того факта, что ресурсов на планете не хватит для двух Америк (подразумевая под второй Америкой бурно развивающийся Китай). Но США предпочитают действовать с позиции силы, в то время как необходимо вырабатывать новую модель развития человечества, бережливую к природным ресурсам, поскольку к середине XXI в. человечеству может не хватать уже не нефти и газа, а питьевой воды и воздуха. По мнению Д. Кьеза, если структура мировой экономики не будет изменена, то неизбежна война за ресурсы, за выживание.

По существу протокол принят без учета неравенства стран по уровню технологий и политическому весу. Затраты на достижение целей Киото, т. е. стоимостная оценка 1 т связанного в лесной растительности атмосферного углерода, варьируют от 13–100 (Сонген и др., 2005) до 1100 дол. (Залиханов и др., 2006). Для России, располагающей 22 % площади планетарных лесов, после ратификации протокола Киото в ноябре 2004 г. открываются

Электронный архив УГЛТУ

новые перспективы в оценке биосферной роли национальных лесов с получением существенных экологических и экономических выгод, поскольку удельные затраты на сокращение 1 т выбросов CO_2 в России на два порядка ниже, чем в США и Японии (Ануфриев, 2004). Согласно сценариям будущего экономического развития, Россия будет иметь избыток квот на выбросы углерода в пределах от 2 до 4 млрд т в CO_2-эквиваленте по крайней мере до 2012 г. (Голуб, 2005; Федоров, 2006).

В настоящее время годовое увеличение запасов углерода на территории России составляет около 70 млн т, а годовые выбросы углерода в энергетике и промышленности – около 411 млн т (Сонген и др., 2005), т. е. компенсируется примерно 17 % промышленных выбросов углерода. Кроме того, на Россию приходится 70 % девственных лесов северного полушария, и именно девственные леса России (а не сильвакультура, т. е. искусственные леса, которыми покрыта вся Западная Европа) представляют собой ценность, превышающую ценность российских минерально-сырьевых ресурсов (Кондратьев и др., 2002).

Предполагается, что путем интенсивного лесоразведения можно скомпенсировать от 11–15 % (Brown, 1996) до 60 % антропогенных выбросов CO_2 (Сонген и др., 2005). Сегодня Европейский Союз на биржах по реализации квот на выбросы CO_2 готов платить около 100 евро за 1 т. Эти средства через механизмы Киотского протокола привлекаются в виде инвестиций в устойчивое управление российскими лесами, в том числе на лесовосстановление и лесоразведение (Замолодчиков и др., 2005а).

Для России и ее регионов важно безотлагательно приступить к реализации принятых обязательств, однако и спустя два года после ратификации протокола продолжается дискуссия на тему, является ли протокол «миной замедленного действия» и «ловушкой» для России (Чуканов, 2005; Даниловданильян, 2006), а национальная система по количественной оценке антропогенных выбросов парниковых газов и поглощения их лесами, а также правовая нормативная база для торговли квотами на эти выбросы до сих пор не созданы (Грачев и др., 2006).

Биологическая продуктивность лесов рассматривается как их основная характеристика, определяющая ход процессов в лесных экосистемах и используемая в целях оценки углерододепонирующей емкости лесов, экологического мониторинга, устойчивого ведения лесного хозяйства, моделирования продуктивности лесов с учетом глобальных изменений, изучения структуры и биоразнообразия лесного покрова (Fowler et al., 2002). Исследования биопродуктивности лесных экосистем будут важнейшими до тех пор, пока требуются решения по таким проблемам, как глобальные изменения, устойчивое развитие и сохранение биоразнообразия (Jiang et al., 1999б). Сегодня международный рынок «углеродных» проектов уже достиг 10 млрд дол. в год, из которых 4,5 млрд приходится на долю США (Курбанов, 2002; Кондратьев, 2004), и он продолжает расти.

Чистая первичная продукция (*NPP*) – это скорость связывания растительностью атмосферного CO_2 (брутто первичная продукция – *GPP*) за вычетом возврата связанного CO_2 в атмосферу в результате дыхания растения. *NPP* – это не только годичное увеличение наличной массы деревьев, но и потери чистой продукции в виде отмирающих частей (листья, побеги, тонкие корни) и деревьев целиком. Она представляет собой чистый «сток» уг-

Электронный архив УГЛТУ

лерода из атмосферы в растительный покров и поэтому широко используется в качестве показателя интенсивности изъятия атмосферного CO_2 наземными экосистемами, т. е. их углерододепонирующей способности.

Важная роль *NPP* отводится в плане энергообеспечения экономики за счет возобновляемых ресурсов, выбросы CO_2 от которых, согласно протоколу Киото, не включаются в национальный кадастр и не относятся к парниковым газам, поскольку рассматриваются в качестве составной части природного углеродного цикла (Писаренко, Страхов, 2006). По некоторым оценкам (Parresol, 2002), общая *NPP* растительного покрова планеты в 8 раз превышает годовое мировое потребление энергии, а на территории России продуцируется до 14–15 млрд т фитомассы в результате усвоения 21,0–22,5 млрд т CO_2, что эквивалентно 8,2 млрд т условного топлива (Писаренко, Страхов, 2006). Для России, особенно после 2012 г., трудности с выполнением обязательств по протоколу Киото в наибольшей степени будут связаны с обеспечением энергетической эффективности экономики, поскольку на долю российской энергетики приходится основная часть эмиссии парниковых газов (Грачев и др., 2006). Низкая энергоэффективность – это, по выражению Н.И. Данилова (2006), «тяжелые и ржавые кандалы российской экономики» (с. 8). Хотя в значительной степени наличие этих «кандалов» объективно обусловлено более тяжелыми климатическими условиями по сравнению с развитыми странами (Паршев, 2006).

Начиная с 1970-х гг. внимание исследователей *NPP* лесных экосистем сместилось с уровня отдельных насаждений на ландшафтный уровень (Lieth, 1975; Lieth, Box, 1972; Kimmins, 1986). Приоритетными исследованиями стали пространственное распределение *NPP* в пределах лесопокрытых площадей и биомов, а также факторы, контролирующие это распределение. Это новое направление, стимулируемое выше упомянутыми глобальными проблемами, оказалось осуществимым благодаря трем важным техническим достижениям: наличие компьютерных средств, позволяющих поддерживать все более усложняющиеся модели; наличие новых экспериментальных данных, получаемых путем спутникового дистанционного зондирования; появление новых возможностей пространственного анализа, предоставляемых геоинформационными системами (ГИС) (Jiang et al., 1999б).

Сегодня имеется множество методов моделирования динамики лесной *NPP*. В моделях «климат–растительность» устанавливаются эмпирические взаимосвязи между климатическими факторами и характеристиками лесного покрова, что позволяет оценивать *NPP* как функцию таких климатических переменных, как температура, осадки и эвапорация (Holdridge, 1947, 1967; Lieth, 1975; Uchijima, 1985; Neilson, Marks, 1994).

Иной тип представляют модели, основанные на использовании данных дистанционного зондирования для оценки *NPP*. Они обычно применяются для определения существующего уровня *NPP*, но имеют ограниченную прогностическую способность. В этих моделях изменение электромагнитного волнового спектра растительного покрова связывается с изменениями типа растительности и фаз роста в разных условиях среды. В общем случае подобные модели зависят от эмпирических взаимосвязей между измеренными потоками и локальными климатическими характеристиками для оценки величины *NPP* и углеродного обмена с наземной биотой (Raich, Schlesinger,

Электронный архив УГЛТУ

1992). В таких моделях могут быть использованы данные спутникового и бортового дистанционного зондирования для точных оценок *NPP* разных типов растительности в режиме реального времени (Peterson, 1987; Running, Hunt, 1993). При мониторинге внутри- и межсезонных изменений входных данных с помощью этих моделей можно получить краткосрочный прогноз динамики растительности, включая изменения *NPP* и *GPP* (Tucker et al., 1981, 1986; Fung et al., 1987).

Установлено, что пространственное распределение *NPP* является результатом длительного взаимодействия между климатом, растительностью и деятельностью человека. Общий подход и экстраполяция полевых измерений локальной *NPP* на биосферу состоит в использовании карт растительного покрова совместно с моделями продуктивности растительности на биомном уровне на основе ГИС-технологий. Однако изменчивость климатических условий (особенно осадков, эвапотранспирации и суммы положительных температур) как в региональном, так и в локальном масштабах оказывает сильное влияние на точность оценок моделями «климат–растительность». Тем не менее просматривается возрастающая тенденция в использовании этих моделей для оценки реакции *NPP* на изменения климата, землепользования и состава атмосферы, хотя недавние исследования (Jiang et al., 1999б) предостерегают от подобной тенденции, поскольку сильные изменения нарушают корреляции, лежащие в основе простых моделей.

Глобальные модели *NPP* ограничены нехваткой глобальных эмпирических данных. Вследствие чрезвычайного дефицита информации о фактических запасах фитомассы и *NPP* лесов во всем их многообразии, некорректных экстраполяций и несовершенства применяемых методик точность имеющихся оценок ежегодно депонируемого в лесной фитомассе углерода совершенно неприемлема для целей прогнозирования глобальной экологической ситуации. Как в 1960-е годы эти оценки на планетарном уровне различались на порядок, варьируя от 4 (Müller, 1960) до 41 Гт (Deevey, 1960), так и спустя 30 лет, снизившись по общему уровню вчетверо, они тем не менее сохранили десятикратный перепад – от 1 (Kräuchi, 1993) до 10 Гт (Global..., 1991). Последняя оценка углеродного стока в наземные экосистемы составляет 2,9 Гт/год (Залиханов и др., 2006). Поэтому неудивительно, что роль лесных экосистем в глобальных биосферных циклах разными исследователями оценивается с точностью «до наоборот»: от отрицательной (Woodwell et al., 1978) до положительной (Кобак и др., 1980), и эта неопределенность сохраняется (Houghton, 2003).

Для лесов России оценки также неоднозначны и, по данным разных исследователей, варьируют по углеродному пулу от 28 до 50 Гт (Kurbanov, 2000), по годичному стоку углерода в лесные экосистемы – от 58 до 429 Мт (Залиханов и др., 2006). Соответственно остаются неопределенными и оценки относительного нетто-стока CO_2 в лесах России – от 41 (Гитарский и др., 2002) до 17 % (Сонген и др., 2005) от общей эмиссии.

После завершения работ по Международной биологической программе (МБП) было опубликовано несколько сводок по биопродуктивности лесных насаждений, из них две выполнены на глобальном уровне, наиболее полные и включают около 1200 определений (DeAngelis et al., 1981; Cannell, 1982). В 1994 г. в рамках Международной геосферно-биосферной программы (IGBP) была инициирована кампания по сбору данных о глобальной

Электронный архив УГЛТУ

первичной продукции – The Global Primary Production Data Initiative (GPPDI), курируемая четырьмя организациями: Национальной лабораторией Оак Ридж и Университетом штата Мэриленд (США), Биосферным центром в Тулузе (Франция) и Институтом по исследованию климатических изменений в Потсдаме (Германия).

Главная цель GPPDI – заполнить огромные «белые пятна» в имеющихся сводках данных о *NPP* наземных экосистем и получить корректные значения *NPP* хотя бы по ключевым участкам основных типов растительного покрова (Scurlock et al., 1999). Основу создаваемой базы данных о *NPP* составили материалы по травянистым растениям и 117 определений первичной продукции древесных растений, полученных в ходе МБП. В 1997 г. база была дополнена материалами по тропическим и бореальным лесам, а также данными по 762 пробным площадям, использованными при разработке биосферной модели Оснабрюк (Esser et al., 1997). Все сводные данные хранятся в Архивном центре Национальной лаборатории Оак Ридж, США (www-eosdis.ornl.gov/npp/npp_home.html). Дополнительно были созданы базы данных о фитомассе корней (Cairns et al., 1997; Schenk, Jackson, 2002) и их первичной продукции (Gill, Jackson, 2000), детритах (Vogt et al., 1986б), глубине занимаемого корнями почвенного профиля (Schenk, Jackson, 2003).

Во всех перечисленных сводках и базах данных представлена лишь незначительная часть опубликованных на русском языке материалов по *NPP* лесных экосистем России и бывшего СССР. База данных Н.И. Базилевич (1993) включает 2500 определений, выполненных в наземных экосистемах (не только лесных), но не сопровождается необходимой сопутствующей информацией. Наиболее полная сводка по *NPP* лесных экосистем России и бывшего СССР (535 пробных площадей) сформирована в Институте лесоведения РАН (Замолодчиков и др., 2003), но она находится лишь в личном пользовании их составителей.

В 2001–2003 гг. автором опубликована трилогия под общим названием «Фитомасса лесов Северной Евразии», включающая базу данных из 5085 определений фракционного состава фитомассы насаждений на территории от Великобритании до Японии (50 экорегионов), а также некоторые приложения, разработанные на ее основе (Усольцев, 2001, 2002а, 2003).

В настоящей работе дается анализ некоторых методических проблем, связанных с определением биологической продуктивности насаждений, особенно их подземной части. Приведены и проанализированы вновь полученные данные о биологической продуктивности насаждений вблизи некоторых экотонов Уральского региона. В приложениях помещены вновь сформированная база данных о *NPP* лесных экосистем Северной Евразии (с фитомассой и таксационными показателями) и дополнение к базе данных о фитомассе, опубликованной в 2001 г. (Усольцев, 2001). На основе базы данных о фитомассе и *NPP* для некоторых лесообразующих пород составлены таблицы возрастной динамики *NPP*, выполнены расчеты и картирование запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесов Уральского федерального округа на площади 128 млн га.

Автор надеется, что собранный материал и анализ данных о биологической продуктивности лесов Северной Евразии станут составной частью базы данных углеродного бюджета лесного фонда России, необходимость создания которой давно назрела (Коровин и др., 2006). Эти данные внесут

Электронный архив УГЛТУ

вклад в Инициативу GPPDI и будут способствовать лучшему пониманию глобальной роли лесов и более точным прогнозам их биопродуктивности, которые необходимы для реализации глобальных сценариев развития. Последовательное пополнение баз данных о фитомассе и *NPP* позволяет также корректировать оценки продукционного (и энергетического) потенциала растительного покрова планеты (Варлыгин, Базилевич, 1992; Смирнова и др., 2006).

Автор выражает благодарность аспирантам О.А. Петелиной, О.А. Крапивиной (Богословской), Е.В. Белоусову, Н.С. Ненашеву и В.В. Терентьеву за большую помощь при выполнении работы, члену-корр. РАН, д. б. н. Г.С. Розенбергу, к. ф.-м. н. Г.Б. Кофману и д. б. н. проф. С.А. Шавнину за ценные комментарии при обсуждении ключевых вопросов работы, а также докторам Христиану Хоффману (Швейцария), Христиану Вирту, Эрнсту-Детлефу Шульце и Мартине Мунд (Германия), Сюзанне Леттенс (Бельгия), Данило Молликоне (Италия), Ноелю Ле Гоффу и Жану-Марку Отторини (Франция), Рюносуке Татено и Такуя Каджимото (Япония), Г.Б. Кофману (Красноярск), В.В. Горшкову (С.-Петербург) и А.И. Уткину (Москва) за активное содействие в обеспечении литературными источниками.

Работа выполнена в рамках научной тематики факультета экономики и управления УГЛТУ (грант РФФИ № 04–05–96083) и лаборатории экологии и биопродуктивности растительных сообществ Ботанического сада УрО РАН (грант РФФИ № 07–07–96010).

Электронный архив УГЛТУ

Глава 1

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ФИТОМАССЕ НАСАЖДЕНИЙ

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Российский эколог Н.В. Тимофеев-Ресовский (1968), рассматривая способы повышения продуктивности биосферы, подчеркивал, что для начала «нужно точно инвентаризовать наше живое окружение» (с. 12). Применительно к лесным экосистемам это означает необходимость инвентаризации фитомассы лесов.

Т. Бумблаускис (1996) рассматривает понятие *фитомасса* в двух аспектах. Во-первых, ее нужно понимать не только в узком смысле как территориальный объект, с которым связано удовлетворение материальных потребностей человека, а «во всей полноте явлений как жизненно необходимый разнообразный ресурс, стабилизирующийся, саморегулирующийся компонент и как сферу деятельности людей. Во-вторых, фитомасса представляет собой структурную и функциональную систему, в пределах которой взаимодействуют различные компоненты, вещества, элементы. Это также система, в пределах которой соприкасаются физическая и живая природа во всей ее полноте. Фитомасса объединяет литосферу, гидросферу и атмосферу» (с. 98).

Любой исследователь, пытающийся «инвентаризовать» лесные экосистемы в том или ином аспекте, прежде всего сталкивается с чрезвычайно высокой сложностью их структуры: наличие многоярусности полога, дифференциация листвы по его профилю, хаотичность архитектоники кроны и соотношения древесины и коры в ней, неуловимая мозаика нижних ярусов. Тем не менее Р. Уиттекер и П. Маркс (Whittaker, Marks, 1975) при изучении биологической продуктивности лесов предлагают руководствоваться следующим исходным тезисом: «Очевидная сложность, по степени которой лес не имеет себе равных среди растительных сообществ, представляет собой не непреодолимое препятствие, а благоприятную возможность производить в нем измерения таким образом, чтобы получить сведения о его функциональном дизайне, а также оценку его биологической продуктивности, наиболее точную по сравнению с любым иным способом» (с. 58).

Для оценки роли лесов в глобальных биосферных циклах первоочередное значение имеют экспериментальные данные об их биологической продуктивности. В 1960-х гг. в результате реализации Международной биологической программы был осуществлен настоящий прорыв в этом направлении – по многим лесорастительным биомам впервые получена ранее отсутствовавшая информация. А.И. Уткин (2003) рассматривает изучение *биологической продуктивности* экосистем как основополагающее экологическое направление прошлого столетия и как предтечу и составную часть со-

Электронный архив УГЛТУ

временного научного направления – *углеродный цикл биосферы*. Понятие *биологическая продуктивность* включает две взаимосвязанные составляющие: *фитомасса* лесного насаждения, выраженная в тоннах абсолютно сухого вещества на 1 га, и *первичная продукция* – количество фитомассы, произведенной насаждением на единице площади в единицу времени.

Соответственно различаются и методы определения этих двух составляющих. Одни из них довольно точны, но неприемлемо трудоемки, другие, напротив, легко реализуемы, но не обеспечивают необходимой точности. Сегодня лесная экология испытывает большой дефицит данных о фитомассе и первичной продукции корней древостоя, особенно тонких, определяющих наряду с листовым аппаратом его продукционный потенциал. Из-за трудоемкости получения таких данных в реальных условиях исследуют главным образом надземную фитомассу, а подземную определяют либо косвенно, либо «своим лучшим» методом, и таких методов накопилось уже достаточно много.

Поэтому сегодня очень важно попытаться найти компромиссные варианты в методических подходах, особенно касающихся корневых систем, сформулировать некоторые общие принципы и наметить круг нерешенных вопросов. Выраженная диспропорция в степени изученности количественных показателей надземной и подземной фитомассы побуждает автора не ограничиваться анализом методов учета массы и первичной продукции корней, в том числе тонких, и рассмотреть некоторые закономерные взаимосвязи упомянутых показателей с определяющими факторами, а также связанные с ними многочисленные неопределенности. Это может помочь исследователю как в выборе подходящего метода, так и в планировании факторного эксперимента по оценке этих показателей.

Наши методы оценки надземной и подземной биопродуктивности касаются главным образом древостоя как лесного доминанта в отличие от подхода группы авторов из БИН РАН (Андреева и др., 2002), анализирующих все составляющие лесного сообщества как в полевых условиях, так и при камеральных работах. Поскольку доля древостоя в биопродуктивности лесного сообщества обычно достигает 90–95 %, то методически обусловленные смещения в оценке фитомассы и продукции лесного фитоценоза определяются некорректностью их определения именно в древостое, а не в нижних ярусах. Вопрос математического анализа экспериментальных данных биопродуктивности заслуживает отдельного рассмотрения.

Автор вслед за В. Бемом (Böhm, 1979) отдает себе отчет в том, что любой анализ методического характера означает одновременно приглашение к его критическому разбору, который стимулируется в данном случае еще и попыткой совместить трудно совместимое, а именно, полезность и доступность изложения для начинающих с его нетривиальностью для профессионалов. И тем не менее автор надеется, что предложенный обзор методов определения биологической продуктивности насаждений будет полезным для обеих категорий читателей. Начинающие исследователи, делающие свои первые шаги в направлении оценки биологической продуктивности лесов, смогут найти здесь элементы «руководства к действию», правда, без рецептуры по типу поваренной книги, а профессионалы смогут получить достаточный объем информации к размышлению и осознанию необъятности выбранной проблемы.

Электронный архив УГЛТУ

1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ДРЕВОСТОЕВ

1.2.1. ЗАКЛАДКА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Лесные насаждения в лесном фонде характеризуются чрезвычайно большим разнообразием и на планах (планшетах) представлены в виде так называемых выделов – исходных единиц лесоинвентаризации, однородных по условиям произрастания, составу древесных пород, возрасту, строению, полноте, значениям средних таксационных показателей и т. д. Чтобы получить представление о фитомассе насаждений, можно в каждом выделе сплошь вырубить все деревья, разделив каждое по фракциям (ствол, ветви, листва, корни), взвесить каждую фракцию в отдельности, пересчитать их массу на абсолютно сухое состояние и получить суммарное значение. Очевидно, что подобный метод не может быть осуществлен.

Поэтому в лесной таксации применяется прием «оценки общего по его части», или так называемый выборочный метод, т. е. метод определения биопродуктивности всего лесного массива по составляющим его насаждениям, в которых закладываются соответствующие пробные площади. Последние должны быть репрезентативными, т. е. типичными для определенной категории насаждений. Только в этом случае они могут характеризовать интересующую нас категорию или совокупность насаждений, однородную по определенным эдафическим и таксационным признакам.

В зависимости от цели исследования различаются пробные площади *постоянные* и *временные*. Постоянные, или стационарные, пробные площади закладываются для исследования хода роста древостоев, оценки результата того или иного лесохозяйственного мероприятия (рубки ухода, осушение, внесение удобрений и т. д.) на продуктивность древостоя, изменения энерго- и массообмена насаждения в связи с внешними факторами и т. д., и на них периодически выполняется один и тот же комплекс наблюдений и измерений. Временные пробные площади – это участки насаждений единовременного учета. Они закладываются в целях оперативного получения информации о совокупностях насаждений, в частности при составлении таблиц хода роста (ТХР), лесоустройстве, исследовании биологической продуктивности насаждений и т. д. Наше описание методов определения биопродуктивности насаждений выполнено применительно к временным пробным площадям.

Пробные площади закладываются с учетом теоретических положений лесной таксации согласно ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные». Необходимым условием выборочного учета является установление объема выборки. Н.И. Казимиров и Р.М. Морозова (1973) рекомендуют следующие значения для количества деревьев на пробной площади: в молодняках – не менее 400, в средневозрастных насаждениях – не менее 350, в приспевающих – 300, в спелых и перестойных – 200 деревьев. Исходя из этих придержек определяются размеры пробных площадей. При меньшем числе деревьев на пробной площади не обеспечивается естественный ряд их распределения по минимально допустимому числу (7–10) ступеней толщины и соответственно возрастает ошибка выборки.

Участки насаждений для закладки пробных площадей подбираются на основе анализа лесоустроительных материалов и маршрутного обследова-

Электронный архив УГЛТУ

ния района исследований. Из лесоустроительных материалов выписываются местоположения и характеристики выделов, затем они идентифицируются в реальных условиях, после чего производится окончательный отбор.

Пробные площади закладываются в основных типах леса (классах бонитета) в максимальном диапазоне возраста (от молодняков до спелых древостоев) и полноты (от 1,0 до 0,4–0,5). На первом этапе исследования биопродуктивности данной древесной породы в регионе могут быть ограничены сомкнутыми древостоями. В этом случае пробные площади закладываются по схеме «креста» (Казимиров, Морозова, 1973) либо «угла» (Одинак, Борсук, 1983) в зависимости от конфигурации схемы пересечения возрастного и типологического рядов. В первом случае Н.И. Казимиров и Р.М. Морозова (1973) в условиях Южной Карелии подобрали для черничного ельника возрастной ряд в количестве 10 пробных площадей в диапазоне от 22 до 138 лет. Затем по сводной ведомости распределения насаждений по классам возраста устанавливали наиболее распространенный класс возраста и для этого класса брали 3–7 насаждений по полному эдафическому (лесотипологическому) спектру местообитаний региона. Их количество зависит от диапазона варьирования лесорастительных условий. Н.И. Казимиров и Р.М. Морозова (1973) для 40-летних ельников подобрали эдафический ряд в количестве 7 пробных площадей, в диапазоне от кисличного до лишайниково-каменистого типов леса, соответственно со II по Va классы бонитета.

Во втором случае в зеленчуково-волосистоосоковом типе леса в Карпатах принят возрастной ряд буковых древостоев от 33 до 100 лет, а типологический ряд представлен 100-летними древостоями в диапазоне от зеленчуково-волосистоосокового до кисличного типов леса (Одинак, Борсук, 1983).

Подбор пробных площадей по такой схеме создает предпосылку для предварительного выявления закономерностей изменения биопродуктивности насаждений по возрастному и эдафическому градиентам при определенной полноте с использованием техники многофакторного регрессионного анализа. Для более корректного математического описания возрастной динамики биопродуктивности насаждений данной породы по полному лесотипологическому спектру необходима закладка пробных площадей дополнительно к наиболее распространенному классу возраста еще в 2–3 классах.

Для закладки пробных площадей выбираются насаждения, однородные по горизонтальной и вертикальной структуре, таксационным показателям и условиям местопроизрастания. Во избежание влияния светового прироста они должны быть расположены не ближе 20 м от просек, дорог, прогалин и других открытых участков.

На пробных площадях, расположенных в простых одноярусных древостоях, выполняется сплошной перечет деревьев по породам и ступеням толщины. Сухостойные деревья учитываются отдельно. При среднем диаметре древостоя до 5 см ступени целесообразно принимать равными 1 см, от 6 до 17 см – 2 см и свыше 17 см – 4 см (Лакида, 2002). В этом случае общее число ступеней, как правило, колеблется в пределах 8–12. Данные перечета заносятся в специальную ведомость, на основе которой рассчитываются таксационные показатели древостоя (табл. 1.1).

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.1

Ведомость перечета деревьев на временной пробной площади и расчет таксационных показателей на примере лиственничника лишайникового на многолетней мерзлоте (плакоры вблизи р. Пур)

Перечет деревьев на пробе				Модельные деревья на пробе		
Ступени толщины D, см	Число деревьев по перечету n		$D^2 \cdot n$	Диаметр на высоте груди D, см	Высота дерева, м	Возраст дерева, лет
2	⊠⊠⁚ ⁚	24	96	2,3	2,87	40
4	⊠⊠⊠⊠ ⁚ ⁚	42	672	4,2	4,40	44
				4,5	4,64	44
6	⊠⊠⊠. ⊠⊠⊠	61	2196	5,7	6,55	43
				7,3	6,37	47
8	⊠⊠⊠◪	39	2496	8,9	9,80	48
10	⊠◪	19	1900	10,2	9,33	45
12	⊠	10	1440			
14	⁚ ⁚	4	784			
16	⁚	1	256			
Итого		200	9840			

Сумма площадей сечений на пробе: $G_{пр} = (D^2 n/10\,000)(\pi/4) = 0{,}984(\pi/4) = 0{,}7728$ м²
Площадь пробы 30×40 = 1200 м² = 0,12 га
Сумма площадей сечений на 1 га: $\sum G = 0{,}7728 : 0{,}12 = 6{,}44$ м²/га
Число стволов на 1 га: $N = 200 : 0{,}12 = 1667$

Средний диаметр $D_{ср} = \sqrt{\left(\sum G \times 10\,000\right) : (N \times 0{,}7854)} = \sqrt{64\,400 : (1667 \times 0{,}7854)} = 7{,}0$ см

Средняя высота (снимается с графика высот на рис. 1.1) равна 6,7 м
Средний возраст – 45 лет
Класс бонитета (снимается с графика бонитетной шкалы на рис. 1.2) – V

В процессе или после перечета при помощи высотомера измеряются высоты у 15–20 растущих деревьев во всем диапазоне варьирования диаметра. По этим данным строится график высот деревьев, т. е. зависимость высоты дерева от его диаметра, обычно описываемая полулогарифмической функцией, которая используется для графического определения средней высоты древостоя элемента леса. В сомкнутых древостоях измерить высоту у растущих деревьев непросто даже с помощью самых совершенных высотомеров (Ogawa, Kira, 1977). В таких случаях для построения графика высот могут быть использованы данные модельных деревьев (рис. 1.1). По рассчитанной средней высоте и возрасту древостоя определяют его класс бонитета, обычно по бонитетной шкале М.М. Орлова (1928). Наиболее удобно для пользователя графическое представление шкалы, приведенное для древостоев семенного происхождения (высокоствольников) на рис. 1.2.

Показатель плотности стояния деревьев в древостое, кроме суммы площадей сечений (абсолютной полноты), определяется также относительной полнотой, представляющей соотношение фактичес-

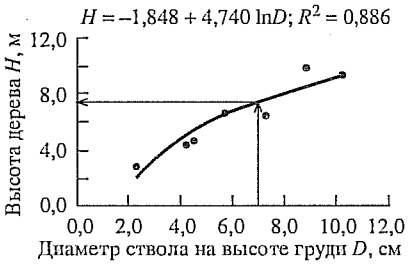


Рис. 1.1. График высот по данным модельных деревьев (табл. 1.1) и уравнение зависимости высоты от диаметра ствола на пробной площади

Электронный архив УГЛТУ

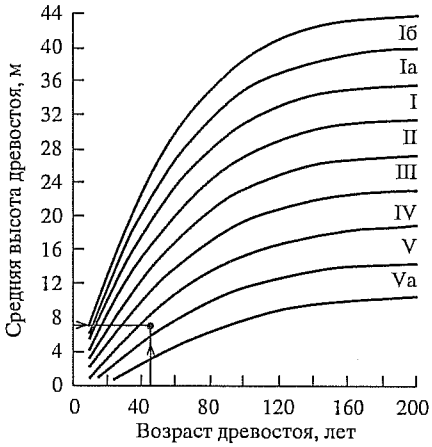


Рис. 1.2. Графическое изображение бонитетной шкалы М.М. Орлова (1928) для древостоев семенного происхождения, аналитически выравненной К.Е. Никитиным (1960), и схема определения класса бонитета (Iб, ..., Va)

кой $\sum G_{факт}$ и нормальной $\sum G_{норм}$ сумм площадей сечений ($\sum G_{факт} : \sum G_{норм}$). Поскольку понятие нормального древостоя неоднозначно и варьирует даже в пределах одного экорегиона, то и показатель относительной полноты нельзя считать универсальным, т. е. он может быть полезным в некоторых частных вопросах, но неприменим в крупных межрегиональных обобщениях и поэтому не входит в сводную национальную базу данных о биопродуктивности насаждений в качестве характеристики древостоя.

Тип леса устанавливается по принятой для района исследований типологической схеме. Почва описывается по генетическим горизонтам согласно общепринятой методике. Определяются экспозиция, крутизна и часть склонов, на которых закладываются пробные площади, а также положение их относительно элементов рельефа местности. Подлесок и подрост учитываются на учетных площадках, составляющих не менее 5 % от пробной площади. Травяной покров описывается с указанием количества всех видов растений, встречающихся на пробной площади.

Пробные площади – это всегда участки относительно равномерной горизонтальной структуры, во всяком случае лишенные вкраплений полян и крупных «окон». В реальном лесоустроительном выделе, как исходной единице лесоинвентаризации, подобные вкрапления обычны, поэтому продуктивность древостоя (в виде кубомассы или фитомассы) на пробной площади всегда выше реальной продуктивности на лесопокрытой площади и в некотором смысле является потенциальной.

Но поскольку и экспериментальные данные фитомассы, и ТХР, и повыдельные данные лесоустройства не просто характеризуют достигнутый к данному возрасту запас фитомассы, а сопровождаются полным набором массообразующих показателей, то тем самым создается предпосылка для корректной стыковки экспериментальных данных фитомассы с «кладбищами цифр» по запасам стволовой древесины, накопленных лесоустройством и традиционной лесной таксацией.

1.2.2. МЕТОДЫ ОТБОРА МОДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ НА ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ

Фитомассу насаждения на пробной площади можно определить методом сплошной рубки и взвешивания всех деревьев. Именно таким образом оценивается надземная фитомасса саксаульников в пустынях Средней Азии. Саксаул представлен биоморфой, близкой к кустарниковому типу, и его характеризуют многоствольность, невозможность четкого вычленения ствола и ветвей, а также отсутствие привычного листового аппарата, поскольку фотосинтез осуществляется молодыми неодревесневшими побегами

Электронный архив УГЛТУ

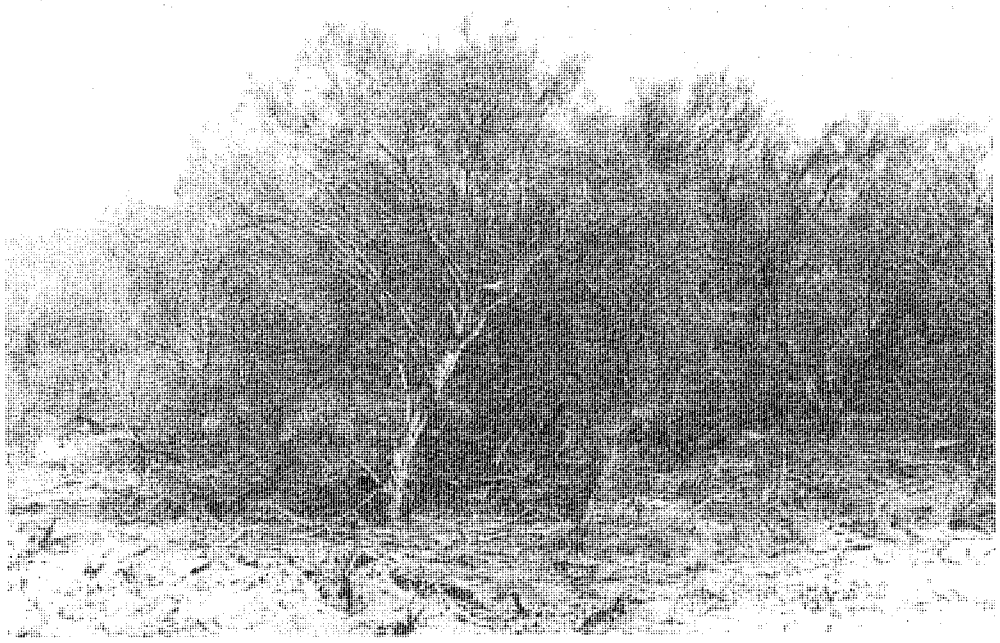


Рис. 1.3. Саксаульники Сырдарьинской равнины в Средней Азии

(рис. 1.3). Высокая плотность (более 1,0) и относительно низкая влажность древесины довершают перечень особенностей, определяющих правомерность применения в саксаульниках такого метода, при котором учитывается надземная фитомасса в целом, т. е. без ее фракционирования.

Подобный метод не может быть применен к насаждениям лесной зоны, где требуется расчленение фитомассы и ее первичной продукции на составляющие фракции – древесину ствола, кору ствола, листву (условимся обозначать этим общим термином ассимилирующие органы как лиственных, так и хвойных пород по аналогии с англоязычным термином foliage), древесину ветвей, кору ветвей, корни. Исключение составляют случаи, когда сплошной учет фитомассы и ее продукции необходим для проверки либо оценки точности того или иного метода выборочного учета.

В такой ситуации единственную возможность оценки фитомассы и продукции насаждения дает выборочный метод, когда взвешиваются и фракционируются не все деревья на пробной площади, а лишь определенная их часть, репрезентативная (типичная) по отношению к генеральной совокупности. При этом выборка осуществляется двумя способами – по *учетным* и *модельным* деревьям.

Отбор учетных деревьев по сравнению с модельными в большей мере обеспечивает репрезентативность выборки, поскольку исключает субъективность подхода того или иного исследователя. Деревья отбираются путем систематической выборки в процессе перечета на пробной площади. Отмечается и рубится каждое 5-е, 10-е или 20-е дерево в зависимости от требуемой точности учета. В любом случае выборка должна быть достаточно

Электронный архив УГЛТУ

большой, чтобы исключить влияние на результат нетипичных (дефектных) деревьев. Подобный метод используется, например, при сортиментации древостоя или составлении сортиментно-сортных и объемных таблиц.

При определении биологической продуктивности насаждений из-за трудоемкости процедур фракционирования, взвешивания фитомассы и исключения из нее воды объем выборки ограничен, и применяется метод модельных деревьев. В этом случае отбор осуществляется не в ходе перечета, а после его завершения, с использованием полученной ведомости перечета, или ряда распределения деревьев на пробной площади по диаметру ствола. Модельные деревья должны соответствовать средним условиям роста деревьев в пределах каждой ступени толщины. Отбору модельных деревьев предшествует предварительное натурное определение структурных и дендрометрических характеристик насаждения, т. е. расчет его таксационных показателей.

Считается, что точность учета фракций фитомассы насаждения зависит от количества и метода отбора модельных деревьев (Молчанов, Смирнов, 1967; Горбатенко, Протопопов, 1971; Семечкина, 1978). На начальном этапе исследований, в том числе в ходе выполнения Международной биологической программы, практиковалось определение фитомассы древостоя по массе среднего дерева и числу деревьев на 1 га. Средним в лесной таксации называют дерево, у которого диаметр на высоте груди, высота и форма ствола являются средними для таксируемого древостоя. Однако выбрать такое дерево в лесу невозможно, поскольку места среднего дерева по различным его показателям не совпадают между собой, т. е. среднее дерево по диаметру не будет одновременно средним по высоте, массе ствола или массе кроны (Satoo, 1966; Поздняков и др., 1969; Уткин, 1970; Семечкина, 1978).

Несмотря на недостатки, метод среднего дерева применяется при ориентировочных определениях фитомассы насаждений, а также может быть использован при оценке фитомассы корневых систем на 1 га (Рахтеенко, Якушев, 1968; Усольцев, 1988), несопоставимо более трудоемкой в сравнении с определением надземного фракционного состава.

Лучшие результаты дает отбор нескольких модельных деревьев на пробной площади в пределах всего диапазона варьирования их размеров, причем методы их отбора и общее число рекомендуются самые разнообразные. Лучшим признается отбор деревьев, типичных для каждой ступени толщины, по пропорционально-ступенчатому представительству (Горбатенко, Протопопов, 1971), когда форма распределения всех деревьев по диаметру на пробной площади как бы повторяется в распределении модельных деревьев. По существу подобное повторение распределений происходит и при взятии учетных деревьев, с той лишь разницей, что модельные деревья являются типичными для ступени толщины, а для учетных это условие не принимается.

Степень варьирования разных фракций фитомассы различная: менее всего изменчива масса ствола, более всего – масса листвы и ветвей. Поэтому число модельных деревьев, взятых на пробной площади, определяется в соответствии с требуемой точностью учета наиболее изменчивых фракций кроны, и чем больше число моделей, тем точнее учет фитомассы. По свидетельству М.Г. Семечкиной (1978), при числе модельных деревьев 1, 5 и 15 ошибки определения массы крон сосны на 1 га имели соотношение 100:40:24.

Электронный архив УГЛТУ

Чтобы выяснить, как влияют на точность учета фитомассы насаждения метод отбора модельных деревьев и их общее число, была выполнена специальная методическая работа на пробной площади размером 0,16 га, заложенной в 45-летнем порослевом березняке, где сплошь срублено и обработано 104 дерева (Усольцев, 1985, 1988). Учтено шесть фракций органической массы: листва, древесина ствола, кора ствола, древесина ветвей, кора ветвей и отмершие ветви. Анализ выборок выполнен по схеме трехступенчатого кластера: 1) выборки равномерно распределенных по ступеням толщины моделей и выборки, сформированные способом пропорционально-ступенчатого представительства; 2) в пределах каждой выборки взяты подвыборки деревьев, случайно отобранных в каждой ступени толщины, и деревьев, высота которых равна средней высоте ступени; 3) в пределах каждой подвыборки отобрано по 1, 5, 10, 15 и 20 деревьев. Каждый вариант выполнен в трех повторностях, рассчитаны регрессионные зависимости массы каждой фракции от диаметра ствола, протабулированные затем по значениям диаметров всех 104 деревьев, и полученные суммарные расчетные значения фитомассы на пробе сопоставлены с фактическими. Сопоставление полученных результатов выполнено по программе 3-факторного дисперсионного анализа.

Оказалось, что варьирование ошибок достоверно не объясняется ни методом отбора модельных деревьев, ни их числом в пределах 5–20. Наибольшее отклонение расчетных значений фитомассы от фактических при взятии одного среднего дерева, а при 5–10 и более – значительно меньшее и не зависело от числа деревьев. Это подтверждает мнение Н.В. Дылиса (Программа..., 1974) о том, что для получения достаточно достоверных значений запаса и прироста фитомассы древостоя нужно не менее 5–6 модельных деревьев.

Детальный анализ ошибок определения массы крон выполнен на базе выборки, расширенной до 446 модельных деревьев, взятых в разных регионах, причем не только березы, но и осины (Усольцев, 1998). Из общего массива данных с помощью генератора нормальных случайных чисел составлены в 20-кратной повторности выборки объемом 5, 10, 20, 60, 80, 100 и 200 деревьев. Для каждой выборки рассчитаны аллометрические зависимости массы листвы и ветвей от диаметра ствола у основания кроны, которые, согласно пайп-модели, не выявили достоверного различия по двум породам (Усольцев, 1997, 1998). После табулирования каждого уравнения по исходному массиву из 446 деревьев рассчитаны относительные ошибки (Уткин и др., 1988а) – средняя, максимальная и минимальная из 20 повторностей. Наиболее резко средняя величина ошибки снижается при увеличении выборки с 5 до 20 деревьев (рис. 1.4, *а*, *б*). С ростом выборки с 20 до 200 деревьев среднее значение ошибки и диапазон ее варьирования уменьшаются, но незначительно.

Чтобы конкретизировать величину минимальной выборки модельных деревьев для расчета аллометрического уравнения без снижения его точности в сравнении с полной выборкой из 446 деревьев, мы ввели показатель вероятности завышения ошибки (%). Ошибка в каждой из 20 повторностей в каждой выборке (5, 10, 20 и т. д. деревьев) сопоставлялась с ошибкой уравнения, полученной по 446 наблюдениям. Предполагалось, что в последнем случае (т. е. в полной выборке) вероятности завышения и занижения равны и составляют 50 %. На рис. 1.4, *в*, *г*, по оси ординат отложено число случа-

Электронный архив УГЛТУ

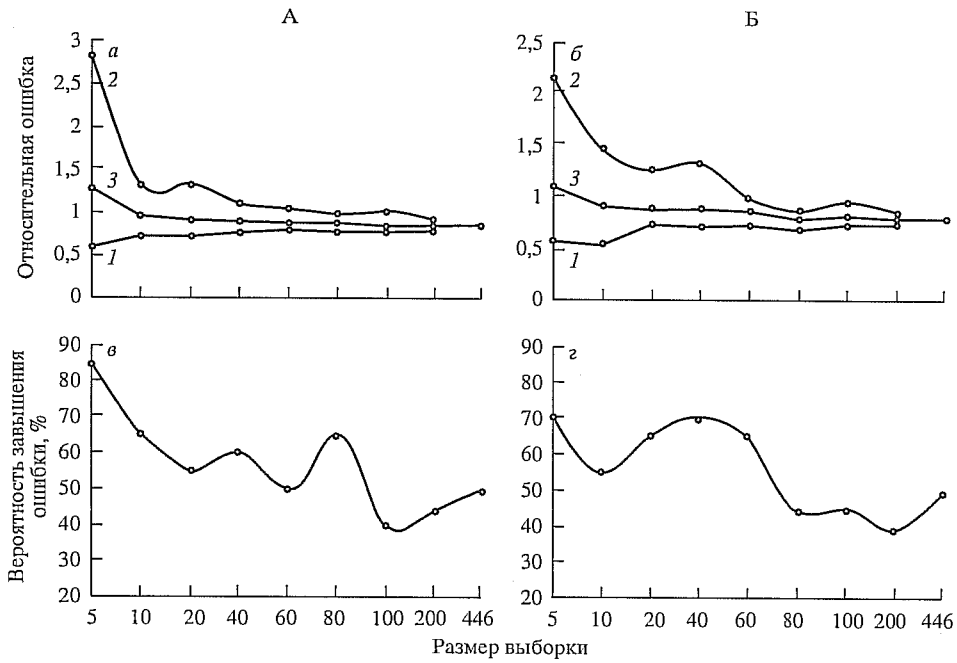


Рис. 1.4. Связь относительной ошибки (*а, б*) и вероятности ее завышения (*в, г*) с размером выборки при оценке фитомассы листвы (А) и ветвей (Б) с использованием ее аллометрической зависимости от диаметра ствола у основания кроны. Значения относительной ошибки (минимальная – *1*, максимальная – *2* и средняя – *3*) даны в пределах ее варьирования в 20 повторностях каждой выборки (5, 10, 20,..., 200 наблюдений)

ев (в %) из 20 повторностей, в которых ошибка уравнения по каждой повторности превышает ошибку уравнения, рассчитанного по полному массиву. Эта величина названа вероятностью завышения ошибки. Судя по полученным графикам, для достаточно точной оценки массы листвы по аллометрическому уравнению достаточно 60 модельных деревьев, для массы ветвей – 30–50. Таким образом, существуют предельные размеры выборки деревьев для определения их фитомассы с помощью аллометрической зависимости на базе пайп-модели, и чем разнороднее по регионам и породам исходный материал, тем больше предельная выборка.

Однако при формировании выборки в целях измерения на ней фитомассы, как показано в первом примере, метод отбора модельных деревьев в пределах диапазона их размеров на пробной площади не влияет на точность определения фитомассы древостоя на 1 га, а число модельных деревьев более 5–10 приводит к повышенным тратам времени и средств, которые не компенсируются ростом точности оценки.

1.2.3. ОБРАБОТКА МОДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ НА ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ

Точность учета фитомассы древостоя зависит не только от числа модельных деревьев, но и от процедуры их обработки на пробной площади, в частности календарного времени вегетационного периода и метода выборочного учета массы той или иной фракции дерева по ее части.

Электронный архив УГЛТУ

От календарного времени обработки модельных деревьев зависит степень участия прироста текущего года той или иной фракции в общей массе и, следовательно, точность учета как фитомассы фракции, так и ее первичной продукции. Время обработки модельных деревьев зависит от фенологии отдельных древесных пород и ее районирования и приурочено к моменту, когда в основном сформировался ассимиляционный аппарат и закончился прирост древесных фракций, но еще не начался интенсивный листопад. Проблема в данном случае состоит в том, что формирование ассимиляционного аппарата заканчивается, как правило, намного раньше, чем формирование прироста текущего года у древесных фракций, и полностью обеспечить упомянутое условие практически невозможно. Поэтому, строго говоря, для обеспечения методической корректности по времени учета биопродуктивности необходимы предварительные, иногда достаточно длительные наблюдения региональных и породных (видовых) особенностей сезонного прироста и отпада различных фракций фитомассы насаждений, что обычно не проводится.

Соответственно и сроки обработки модельных деревьев предлагаются самые разные: с середины июня до начала листопада (Ильюшенко, 1968), с середины июля по 20 августа (Молчанов, Смирнов, 1967), с середины августа до начала листопада (Семечкина, 1978; Биологическая продуктивность..., 1982). В условиях Урала и Западной Сибири наиболее целесообразно обрабатывать модельные деревья в течение августа.

Если при подборе и закладке пробной площади применяется выборочный учет *первого* уровня, при отборе модельных деревьев на пробе – *второго*, то на этапе обработки модельных деревьев осуществляется выборочный учет *третьего* уровня. Конечно, у небольших по размеру деревьев (например, в молодняках) вполне может быть выполнено непосредственное взвешивание ствола, ветвей и предварительно отделенной листвы. Но даже в этом случае практически невозможно отделить и взвесить кору всех стволов и ветвей: необходимы выборки из конкретных частей ствола и ветвей для определения доли коры в них и пересчета ее на все дерево.

Обработка модельных деревьев выполняется обычно бригадой из 3–10 человек. Модельные деревья спиливаются на уровне корневой шейки, измеряется общая длина дерева от среза и длина кроны. В данном случае часть надземной фитомассы (пень, или выступающая над поверхностью почвы часть комля) переходит в категорию подземной (если таковая учитывается). Правда, в последних руководствах по оценке лесного углерода рекомендуют срезать дерево на уровне почвы (Snowdon et al., 2002). Однако выполнение этого требования создает дополнительные проблемы: 1) учет объема стволов и их запаса на 1 га традиционной лесной таксацией ведется от уровня корневой шейки, и отступление от этого правила приводит к смещениям при стыковке данных о фитомассе с таксационными нормативами; 2) срезание крупного дерева заподлицо с почвой технически трудно выполнимо и противоречит правилам техники безопасности при ручной и моторизованной валке деревьев.

Затем устанавливается возраст дерева по числу годичных колец на пне. Ствол размечается по относительным длинам – 0; 0,05; 0,1; 0,2; ... 0,9H (где H – общая длина дерева), и в местах отметок распиливается на отрезки. Масса ствола может быть определена двумя способами, один из

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 1.5. Взвешивание отрезков ствола модельного дерева на пробной площади (Somogyi, 2004)

которых показан на рис. 1.5. При втором способе (стереометрическом) измеряются диаметры отрезков в коре и без коры, их длина и рассчитываются объемы.

При любом из двух способов от торцовой части каждого отрезка выпиливаются диски: в первом случае для разделения ствола на древесину и кору и для определения содержания сухого вещества в них, а во втором – еще и для определения базисной плотности той и другой фракции. Если отметка приходится на сучок или нарост, то диск выпиливается рядом с ним. При подсчете суммарного объема отрезков необходимо делать поправку на объем опилок, который в среднем составляет 0,5 % объема ствола (Семечкина, 1978; Snowdon et al., 2002).

Диаметры дисков в коре и без коры измеряются с помощью металлической линейки, приросты за последние 5 лет – с помощью микроскопа с точностью 0,1 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях. В центре каждого диска измеряется его толщина. У дисков на относительных высотах 0,2; 0,5 и 0,8 *H* отделяется кора. Древесина и кора у этих трех дисков взвешиваются раздельно, помещаются в пластиковые пакеты известной массы и отправляются на сушку в лабораторию. По результатам замеров рассчитываются объемы древесины и коры дисков и ствола в целом. Данные всех измерений записываются в специальные формы (Приложения 1а и 1б).

Электронный архив УГЛТУ

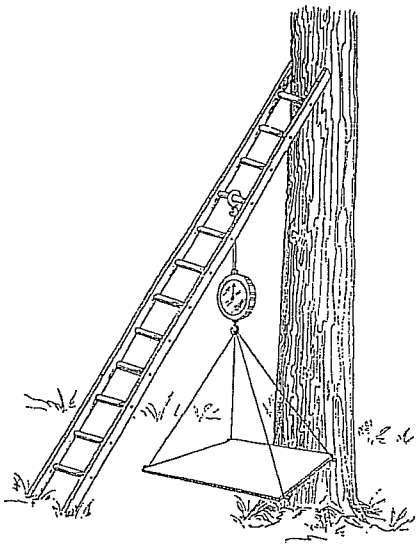


Рис. 1.6. Взвешивание кроны дерева на специальной платформе (Aldred, Alemdag, 1988)

Следует иметь в виду, что, хотя вероятность соударения деревьев в зависимости от точности направленной валки подлежит количественной оценке (Герц, Кислухин, 2004), соударения неизбежны, и при падении дерево может потерять часть своих ветвей или, наоборот, пополниться ветвями соседних деревьев. Поэтому надо тщательно выбирать направление валки, а у поваленного дерева попытаться восстановить первоначальный состав кроны по некоторым морфологическим признакам (цвет хвои, соотношение структурных и ассимилирующих фракций и т. п.). Вся крона после обрубки взвешивается на 20–50-килограммовых весах с ценой деления 50–100 г (рис. 1.6, 1.7). У крупных деревьев взвешивание производится в несколько приемов.

У мелких деревьев разделение кроны на листву и скелет (древесную массу) не требует много времени и не представляет проблемы. Расчленение всей кроны на листву и скелет у крупных деревьев слишком трудоемко, и необходим выборочный учет. Это может быть выполнено по модельным ветвям. Доля листвы в модельных ветвях снижается в направлении от верхней к нижней части кроны, поэтому такие ветви берутся в разных точках профиля кроны. Однако в данном случае масса модельных ветвей может оказаться достаточно большой, и ее разделение на листву и скелет становится трудоемким.

Если варьирование доли хвои в разных секциях кроны очень изменчиво, то в облиственных побегах, напротив, оно незначительное (у сосны не превышает 2–5 %) и практически не зависит от положения по профилю кроны. Доли листвы в облиственных побегах в свежем состоянии мало различаются не только у одной породы, но и у разных: сосна обыкновенная – 0,67, ель сибирская – 0,67, пихта сибирская – 0,67, береза – 0,64 и осина – 0,70 (Усольцев, 2002а).

Поэтому при определении *валовой* фитомассы расчленение кроны на листву и скелет осуществляется комбинированным способом (Приложение 2а). (Обсуждаемые ниже методы оценки *первичной продукции* фитомассы иные и более сложные). У отделенной от ствола кроны секаторами обрезаются облиственные побеги (т. е. древесная зелень – ДЗ), и оставшийся скелет взвешивается повторно. Из обрезанных облиственных побегов отбирается навеска массой до 1 кг, взвешивается на 3-килограммовых весах с ценой деления 10–20 г, затем с нее «ощипывается» вся листва и оставшиеся побеги вновь взвешиваются.

Из листвы и средних по толщине ветвей берутся навески на сушку в объеме почвенного бюкса, взвешиваются на весах с максимально взвешиваемой массой до 100–500 г и ценой деления до 0,01 г, упаковываются в бюксы

Электронный архив УГЛТУ

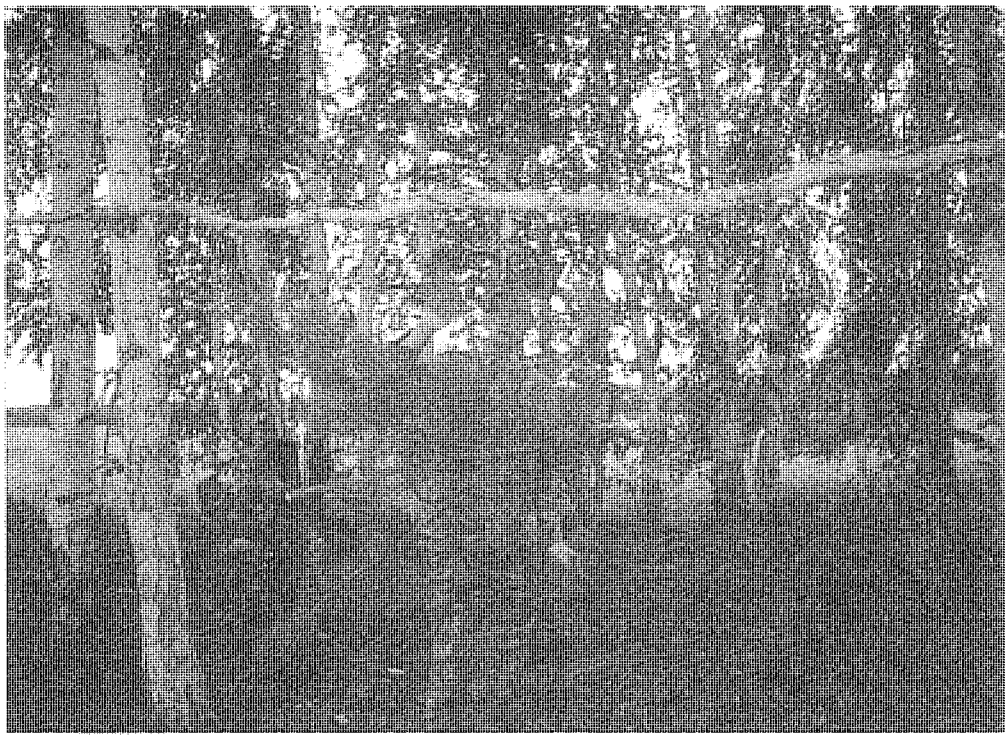


Рис. 1.7. Взвешивание кроны дерева на 20-килограммовых весах с помощью веревочной петли

известной массы и помещаются в сушильный шкаф. Затем они повторно взвешиваются и рассчитывается содержание сухого вещества. По полученным значениям масса листвы и скелета кроны дерева переводится со свежего состояния на абсолютно сухое. Все измерения заносятся в специальные формы (см. Приложения 2а и 2б).

Поскольку содержание влаги в листве и скелете изменяется по профилю кроны, то для повышения точности учета можно брать навески листвы и скелета кроны не после, а до обрезки секаторами всей их массы на дереве, например по одной навеске из каждой трети кроны (Приложение 2б).

О точности выборочного метода определения массы хвои у деревьев сосны по навескам можно судить по данным З.Я. Нагимова (Усольцев, Нагимов, 1988), приведенным в табл. 1.2, которые показывают, что выборочный метод дает отклонения, не выходящие за пределы ±5 %.

Отмершие ветви и генеративные органы взвешиваются отдельно и берутся образцы на влажность. Однако это выполняется не всегда, поскольку отмершие ветви входят в определение не фитомассы, а органической массы и представляют собой «задержавшийся» на стволе опад. (Согласно последним руководствам по оценке лесного углерода (Snowdon et al., 2002), отмершие на корню ветви и стволы включаются в пул надземного углерода, а валеж вместе с опадом и подстилкой – в пул почвенного углерода.) Взвешивание генеративных органов необходимо выполнять с учетом периодичности плодоношения, иначе получаем случайную величину фитомассы.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.2

Результаты определения массы хвои дерева разными способами

№ модельного дерева	Диаметр, см	Высота, м	Общая масса кроны, кг	Масса хвои, кг		Отклонение массы хвои, %
				Фактическая, по полному ощипыванию	Расчетная, по навеске	
1	22,5	21,6	70,10	22,20	23,10	+4,1
2	20,8	20,0	45,06	15,07	14,88	–1,3
3	17,5	17,6	20,08	6,39	6,35	–0,6
4	16,1	17,3	18,50	5,78	6,05	+4,6
5	14,9	17,2	20,33	5,91	5,86	–0,8
6	7,2	11,4	2,70	0,90	0,87	–3,3

Несколько замечаний по *процессу сушки.* Сушка образцов (навесок) различных фракций фитомассы с последующим расчетом содержания сухого вещества обязательна, поскольку фитомасса и ее продукция должны оцениваться в абсолютно сухом состоянии: влажность фракций чрезвычайно изменчива и варьирует в зависимости от многих факторов даже в течение суток. Практиковавшийся в начальный период изучения биопродуктивности учет фитомассы в воздушно-сухом состоянии в настоящее время отвергнут, так как это состояние не имеет количественной характеристики.

В состав полевой лаборатории, по возможности максимально приближенной к пробным площадям, входят 2–3 сушильных шкафа-термостата и весы как минимум трех вариантов грузоподъемности: 1) до 20–50 кг; 2) до 3–5 кг; 3) до 0,6–1,0 кг. В любом случае весы должны обеспечивать точность определения в пределах 1 % от взвешиваемой массы (Snowdon et al., 2002). Все подготовленные на пробной площади образцы и навески фитомассы взвешиваются и помещаются в сушильный шкаф, где сушатся при заданной температуре до тех пор, пока образец достигнет постоянства массы. В соответствии с исходной массой образцы делятся на категории и помещаются в разные сушильные шкафы. Идеальной является ситуация, допускающая круглосуточную работу сушильных шкафов, иначе процесс сушки крупных образцов может затянуться на многие недели и месяцы.

При сушке образцов (навесок) фитомассы задается определенная температура, в отношении которой нет единого мнения. Например:

- 40 °C – Cornelissen et al., 2003;
- 60 °C – Canadell et al., 1988; Černý, 1990; Ehrenfeld et al., 1992; Pare, Bergeron, 1995;
- 65 °C – Stachurski, Zimka, 1975; Barney et al., 1978;
- 70 °C – Stephens, 1969; Telfer, 1969; Weaver, 1976; Espinosa, Perry, 1987; Gower et al., 1987, 1997; Zarnoch et al., 1993; Bolstad et al., 2001; Helmisaari et al., 2002; Mund et al., 2002; Snowdon et al., 2002; Tateno et al., 2004;
- 75 °C – Ohmann et al., 1976; Schönenberger, 1984;
- 80 °C – Ovington, 1956; Tadaki et al., 1970; Fujimori, 1971; Pereira et al., 1989; Dash et al., 1991;
- 85 °C – Ovington et al., 1967; Satoo, 1968; Nihlgård, 1972; Алексеев и др., 1973; Elowson, Rytter, 1984; Papp, 1985;
- 90 °C – Deans, 1981;

Электронный архив УГЛТУ

• 100–105 °С – Whittaker, 1962; Молчанов, Смирнов, 1967; Смирнов, 1971б; Young, 1976; Clark, Taras, 1976; Brown, 1978; Семечкина, 1978; Pardé, 1980; Frivold, Borchgrevink, 1981; Уткин, 1982; Ayphassorho, Mauranges, 1983; Cañellas, San Miguel, 2000; Le Goff, Ottorini, 2001; Габделхаков, 2001; Лакида, 2002; Müller, Wagner, 2003.

Необходимо отметить, что в перечисленных работах при значительном диапазоне задаваемой температуры (60–105 °С) продолжительность сушки всех фракций фитомассы практически не связана с ней. Так, 48-часовая продолжительность применяется при:

• 60 °С – Ehrenfeld et al., 1992;

• 70 °С – Telfer, 1969; Espinosa, Perry, 1987; Zarnoch et al., 1993; Helmisaari et al., 2002; Snowdon et al., 2002;

• 80 °С – Pereira et al., 1989; Dash et al., 1991;

• 85 °С – Elowson, Rytter, 1984;

• 100–105 °С – Ayphassorho, Mauranges, 1983; Cañellas, San Miguel, 2000.

Более того, иногда при меньшей температуре (85 °С) сушка длится 24 ч (Morén et al., 2000), а при более высокой (100–105 °С) – 5–8 дней (Pardé, 1980).

В общем случае время достижения постоянной массы зависит от исходной массы образца: оно минимально – для листвы и максимально – для дисков стволов крупных деревьев. Однако подобная дифференциация образцов фитомассы обычно не практикуется, но есть рекомендации сушить листву в течение 48 ч, а древесные фракции – 72 ч при 85 °С (Satoo, 1968; Claesson et al., 2001). Сушка крупных образцов, например дисков ствола, при температуре 70 °С может длиться несколько недель (Snowdon et al., 2002).

Следовательно, чем выше температура, тем быстрее можно завершить сушку, и наоборот, поэтому возможны любые сочетания температуры и продолжительности сушки в упомянутых диапазонах. Однако в действительности полученный в итоге сушки показатель влажности в определенной, хотя и незначительной, степени зависит от заданной температуры (Satoo, Madgwick, 1982). Специальными исследованиями установлено, что образцы ветвей сосны замечательной при увеличении температуры сушки с 70 до 105 °С дополнительно теряли более 2 % влаги (Forrest, 1968), а соответствующее значение для образцов ели черной при изменении температуры сушки в диапазоне от 65 до 103 °С составило 3 % (Barney et al., 1978). Причина подобных расхождений в том, что при 70 °С влага из растительных тканей удаляется неполностью, а при температуре выше 80 °С может теряться часть сухой массы вследствие разложения некоторых органических веществ и испарения растительных масел (Reuter et al., 1997).

Если сушка образцов фитомассы осуществляется при 100–105 °С, то П. Сноудон с соавт. (Snowdon et al., 2002) рекомендуют вносить поправку в размере 2–4 % на потерю массы в целях приведения результата к стандартной процедуре сушки при 70 °С. В отечественных исследованиях обычно практикуется сушка образцов фитомассы при 100–105 °С без рекомендаций по ее длительности, т. е. до постоянства массы.

При достижении постоянной массы образцы повторно взвешиваются, данные заносятся в ведомость (см. Приложения 1б и 2б), и по результатам взвешивания образцов до и после сушки рассчитывается содержание абсолютно сухого вещества сначала образцов, а затем всего дерева. По соотношению абсолютно сухой массы и объема образцов древесины и коры ство-

Электронный архив УГЛТУ

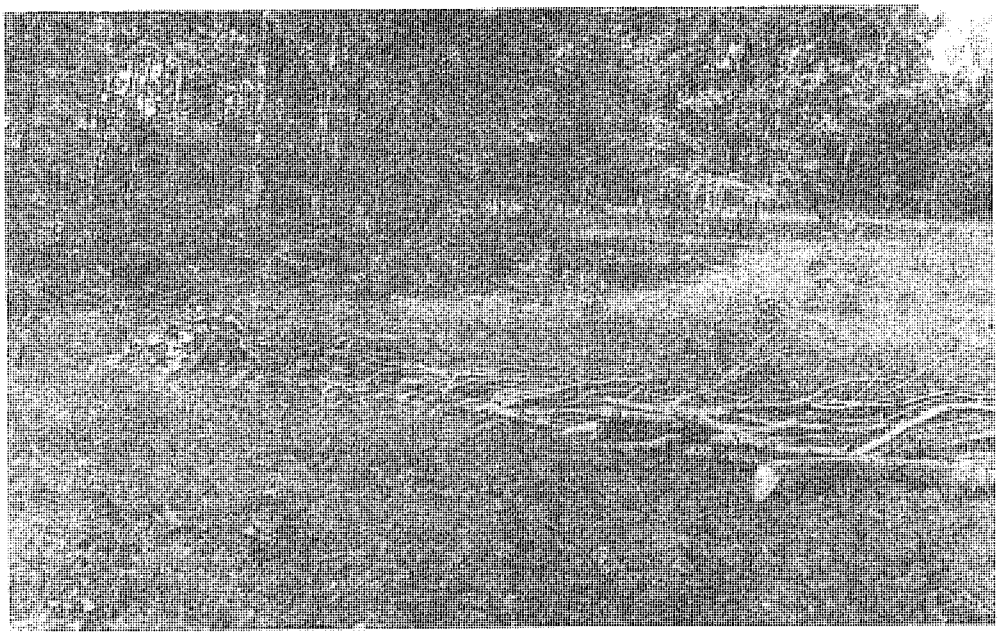


Рис. 1.8. Деление кроны модельного дерева осины на древесную зелень и освобожденные от боковых ответвлений «стволики» кроны. *Фото В.А. Усольцева*

лов рассчитывается их базисная (условная) плотность, умножением показателей которой на объемы древесины и коры соответствующих отрезков ствола получают абсолютно сухую массу древесины и коры ствола всего дерева. Рекомендуют даже определять через базисную плотность фитомассу не только стволов, но и насаждения в целом, включая древесный полог (Винтонив, Гранатырь, 1984).

Плотность и содержание абсолютно сухого вещества в разных фракциях фитомассы существенно варьируют у разных древесных пород, а также у одной и той же породы в связи с типами леса, возрастом древостоев, географической широтой местности, классами роста и развития деревьев и т. д. Средние придержки квалиметрических показателей для основных лесообразующих пород Зауралья и Северного Казахстана приведены в табл. 1.3 (Усольцев, 1985). Базисная плотность может быть получена по данным табл. 1.3 умножением плотности в свежем состоянии на содержание сухого вещества фракции.

Если требуется оценить долю коры в скелете кроны, то процедура выборочного учета существенно усложняется, поскольку доля коры при увеличении диаметра ветви от 1 до 20 см снижается с 40–60 до 10–15 %.

Для трех лесообразующих древесных пород Зауралья и Северного Казахстана – сосны, березы и осины – составлены специальные таблицы (табл. 1.4) для ветвей с отделенными боковыми ответвлениями, т. е. своеобразных «стволиков» кроны. На пробной площади ветви всех порядков отделяются от боковых ответвлений, вся полученная совокупность «стволиков» кроны делится по градациям их диаметра в нижнем срезе (рис. 1.8), по табл. 1.4 определяется доля коры в каждой градации и затем рассчитывается средневзвешенная доля коры в кроне. Пример расчета показан в табл. 1.5.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.3

Средние квалиметрические показатели фракций органической массы деревьев

Фракция	Плотность в свежесрубленном состоянии, кг/м³			Содержание абсолютно сухого вещества, отн. ед.		
	Сосна	Береза	Осина	Сосна	Береза	Осина
Древесина ветвей	929±5	863±7	784±5	0,491±0,003	0,566±0,005	0,564±0,003
Кора ветвей	992±8	1165±21	1109±10	0,467±0,003	0,552±0,005	0,516±0,003
Древесина ствола	809±6	863±7	762±8	0,521±0,004	0,562±0,007	0,553±0,006
Кора ствола	512±10	937±16	962±8	0,508±0,006	0,575±0,012	0,489±0,008
Листва	–	–	–	0,469±0,002	0,385±0,003	0,366±0,005
Отмершие ветви	–	–	–	0,867±0,014	0,890±0,015	0,772±0,017

Таблица 1.4

Содержание коры (%) в массе ветвей сосны, березы и осины в свежем и абсолютно сухом состояниях в зависимости от диаметра ветви у ее основания (Усольцев, 1985)

Диаметр у основания, см	Свежее состояние			Абсолютно сухое состояние		
	Сосна	Береза	Осина	Сосна	Береза	Осина
0,5	84,2	63,6	69,9	83,5	63,0	66,9
1,0	46,8	45,5	59,3	45,6	44,9	55,9
1,5	34,2	37,9	50,6	33,1	37,3	47,1
2,0	28,0	33,5	44,9	27,0	33,0	41,4
2,5	24,3	31,4	41,2	23,4	30,9	37,8
3,0	22,6	30,0	38,3	21,7	29,5	35,0
4,0	20,4	28,7	34,3	19,6	28,2	31,2
5,0	18,4	27,6	31,6	17,7	27,1	28,6
6,0	17,2	26,9	30,2	16,5	26,4	27,3
7,0	16,2	26,2	28,8	15,5	25,7	26,0
8,0	15,3	25,7	27,3	14,7	25,2	24,6
9,0	14,8	25,4	26,1	14,2	24,9	23,5
10,0	14,3	25,0	24,9	13,7	24,5	22,4

Таблица 1.5

Пример расчета доли коры в кроне модельного дерева осины в свежем состоянии с диаметром ствола 33 см

Ступень диаметра «стволиков» кроны у их основания, см	Содержание коры П, %	Масса «стволиков» кроны в свежем состоянии Р, кг	Произведение Р×П
0,5	69,9	9,8	685,0
1,0	59,3	19,2	1138,6
2,0	44,9	17,8	799,2
3,0	38,3	19,2	735,4
5,0	31,6	43,4	1371,4
7,0	28,8	48,4	1393,9
9,0	26,1	25,4	662,9
Сумма	–	183,2	6786,4
Средневзвешенное значение, %			37,0

Электронный архив УГЛТУ

1.2.4. РАСЧЕТ ЗАПАСОВ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ДРЕВОСТОЕВ НА 1 га

Т. Сато (Satoo, 1970) выделяет три наиболее распространенных метода определения фитомассы древостоев: 1) среднего дерева, 2) отношения площадей сечений модельных деревьев и древостоя и 3) регрессионный.

Рассмотрим их алгоритмы на примере пробной площади размером 0,16 га, заложенной в 45-летнем березняке порослевого происхождения, фракционный состав фитомассы которого определен сплошной рубкой 104 деревьев (Усольцев, 1985). Средний диаметр древостоя 15,4 см, средняя высота 15,3 м; класс бонитета III; сумма площадей сечений 12,16 м^2/га; число стволов 650 экз/га; запас 134 м^3/га; фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га: стволов без коры – 34,5, листвы – 2,10 и скелета кроны – 8,74. Расчет выполнен в трех повторностях по каждому методу.

Метод среднего дерева (I) наименее трудоемок и поэтому раньше довольно широко применялся. В этом случае запас фракций фитомассы древостоя P_i (т/га) определяется по уравнению

$$P_i = p_i N, \qquad (1.1)$$

где p_i – фитомасса i-й фракции среднего дерева, кг; N – число деревьев, тыс. экз/га.

Из числа деревьев, срубленных на пробной площади и взвешенных, были выбраны три, диаметры которых наиболее близки к расчетному среднему, а именно: 15,5; 15,6 и 15,6 см. Их фитомасса для древесины ствола равна 53,6; 50,6 и 51,7 кг (в среднем 52,0 кг) соответственно, для листвы – 3,61; 3,43 и 3,23 кг (в среднем 3,42 кг) и для скелета кроны – 7,58; 10,3 и 10,4 кг (в среднем 9,43 кг). После умножения на число стволов на 1 га, равное 650, получаем средние величины фитомассы, т/га: древесины стволов 33,8, листвы 2,22 и скелета крон 6,13.

Метод отношения площадей сечений модельных деревьев и древостоя (II) предполагает расчет фракционного состава фитомассы древостоя (P_i, т/га) по уравнению

$$P_i = (\Sigma p_i / \Sigma g_i) \Sigma G, \qquad (1.2)$$

где ΣG – сумма площадей сечений древостоя на пробной площади, м^2/га; Σp_i и Σg_i – соответственно суммарная масса i-й фракции и суммарная площадь сечений всех моделей на пробе.

В нашем примере в трех повторностях произвольным образом выбраны 8 деревьев в диапазоне их диаметров на пробной прощади от минимального до максимального, просуммированы значения p_i и g_i и по формуле (1.2) с подстановкой в нее ΣG = 12,16 м^2/га получены средние расчетные значения фитомассы, т/га: для древесины стволов – 32,3, для листвы – 2,12 и для скелета крон – 9,45.

Регрессионный метод (III) считается наиболее точным и универсальным. В его основе лежит совмещение регрессионных зависимостей фракционного состава фитомассы модельных деревьев от их диаметра с ведомостью перечета (т. е. с рядом распределения) деревьев на пробной площади по ступеням диаметра. Вначале по модельным деревьям рассчитываются уравнения

$$p_i = f(D), \qquad (1.3)$$

Электронный архив УГЛТУ

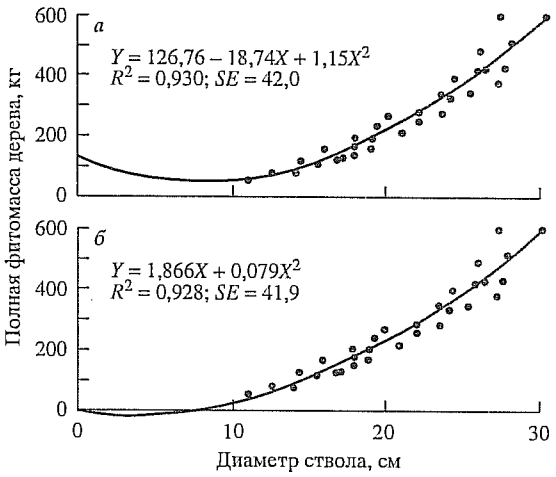


Рис. 1.9. Зависимость фитомассы дерева от диаметра ствола, описываемая полиномом 2-го порядка с завышением (*а*) и занижением (*б*) фактических значений фитомассы наиболее тонких деревьев (Aldred, Alemdag, 1988)

где D – диаметр ствола на высоте груди, см. Затем уравнения табулируются по числовым значениям ступеней толщины в перечетной ведомости. Перемножением полученных величин на установленное при перечете число деревьев в каждой ступени и последующим суммированием результатов определяются итоговые значения фракционного состава фитомассы таксируемого древостоя.

Имеется множество функций, аппроксимирующих (т. е. аналитически описывающих) зависимость (1.3), из которых наиболее часто применяют уравнение прямой линии (Яблоков, 1934; Ефимович, Никитин, 1934; Слемнев, 1969), либо полином второго порядка (Штибе, 1967; Иванчиков, 1974; Семечкина, 1978; Fiedler, 1986; Зинченко, 1986), либо нелинейную зависимость (например аллометрическую или экспоненциальную) с трансформацией переменных по осям координат (Satoo, 1962; Madgwick, 1976; Усольцев, 1976).

При выявлении степени пригодности различных выравнивающих функций обычно в качестве критериев используют коэффициент детерминации R^2, характеризующий степень приближения эмпирической зависимости к функциональной (при которой $R^2 = 1$) и ошибку уравнения SE. Например, полином может дать лучшую аппроксимацию по сравнению с аллометрическим уравнением (Семечкина, 1978), но при этом сместить значения функции при малых значениях аргумента за пределы реальных величин (рис. 1.9). Некоторые авторы даже рекомендуют подправлять эту зависимость «от руки», забывая, что аналитическое выражение зависимости не является самоцелью.

Наиболее биологически обусловленной можно считать аллометрическую (степенную) функцию, т. е. уравнение статической аллометрии (Кофман, 1986), которая после логарифмирования по осям координат (лог-лог-преобразование) принимает вид прямой линии. На рис. 1.10 эта функция сопоставлена с прямой линией без трансформирования переменных (*а*) и в полулогарифмических координатах (*б*). Преимущество аллометрической функции (*в*) очевидно. Прямая линия (*а*) и экспоненциальная линеаризованная зависимость (*б*) дают не только худшую аппроксимацию по показателю R^2, но и смещения относительно линии регрессии: в первом случае занижая крайние и завышая средние значения функции, а во втором – наоборот.

Аллометрическая функция на практике имеет тот недостаток, что при ретрансформации искомой переменной, т. е. при переходе от логарифмиче-

Электронный архив УГЛТУ

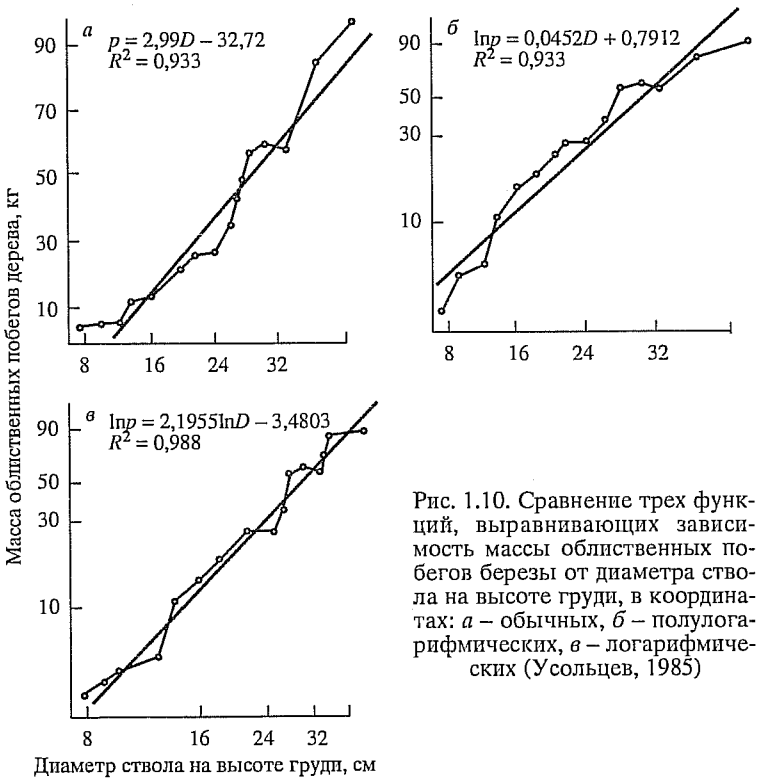


Рис. 1.10. Сравнение трех функций, выравнивающих зависимость массы облиственных побегов березы от диаметра ствола на высоте груди, в координатах: *а* – обычных, *б* – полулогарифмических, *в* – логарифмических (Усольцев, 1985)

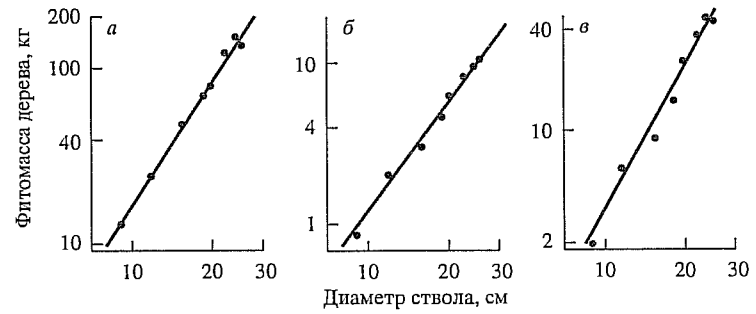


Рис. 1.11. Зависимость массы древесины ствола (*а*), листвы (*б*) и скелета кроны (*в*) от диаметра ствола по уравнению статической аллометрии (1.4)

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.6

Характеристика уравнения (1.4)

Зависимая переменная	Повторность	Константа		R^2	SE
		a_0	a_1		
Масса древесины ствола, кг	1	–2,4146	2,2901	0,994	0,070
	2	–2,2383	2,2307	0,979	0,135
	3	–2,5772	2,3495	0,966	0,196
Масса хвои, кг	1	–5,1719	2,3262	0,989	0,096
	2	–4,5144	2,0039	0,870	0,322
	3	–6,4407	2,7414	0,981	0,169
Масса ветвей (скелета кроны), кг	1	–5,7676	2,9793	0,978	0,179
	2	–4,7721	2,5653	0,867	0,418
	3	–7,1045	3,4875	0,970	0,276

ских единиц к исходным после табулирования полученного уравнения, наблюдаются смещения. Однако эти теоретические смещения не всегда подтверждаются на практике, поскольку в теории не учитывается наличие других ошибок расчета. Все эти ошибки часто имеют разные знаки и взаимно компенсируются. Например, занижение оценок биопродуктивности деревьев вследствие логарифмирования переменных, которое, по мнению Г. Баскервиля (Baskerville, 1972), может достигать 10–20 %, компенсируется завышением оценок продукции ветвей (Whittaker, 1965) и крупных и перестойных деревьев (Ogawa et al., 1965; Whittaker, Woodwell, 1968). В итоге при расчете взаимосвязи высококоррелированных признаков, к которым относятся фитомасса дерева и диаметр ствола, смещения составляют около 1 % и ими можно пренебречь (Beauchamp, Olson, 1973; Whittaker, Marks, 1975; Уткин, Ермолова, 1979).

Поэтому в нашем примере при аналитическом описании зависимости фракционного состава фитомассы модельных деревьев от диаметра ствола общий вид уравнения (1.3) приведен к виду аллометрической линеаризованной функции

$$\ln p_i = a_0 + a_1 \ln D, \qquad (1.4)$$

расчетные характеристики которой в трех повторностях даны в табл. 1.6. Соотношения полученных линий регрессии с фактическими значениями показаны на примере первой повторности (рис. 1.11).

Обсуждаемые выше уравнения парной связи (или однофакторные) для оценки фитомассы деревьев имеют отношение лишь к регрессионному методу расчета запасов фитомассы на 1 га и не могут претендовать на роль универсальных зависимостей, применимых в широком возрастном, лесотипологическом и географическом диапазонах. Последние выводятся в целях составления ТХР древостоев по их фитомассе на базе традиционных ТХР (Cantiani, 1974; Hellrigl, 1974; Макаренко, Маленко, 1984; Усольцев и др., 1995; Usoltsev, Hoffmann, 1997; Лакида, 2002), а также инвентаризации запасов фитомассы и углерода на лесопокрытых площадях (Bonnor, 1985; Penner, 1997; Wirth et al., 2004), и вследствие их многофак-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.7

Сопоставление расчетного фракционного состава надземной фитомассы, полученного по трем методам, с фактическим, т/га

Фракция	Фактические значения	Расчетные значения по методам			Смещения (%) расчетных значений относительно фактических по методам		
		I	II	III	I	II	III
Ствол	34,5	33,8	32,3	32,0	–2,1	–6,4	–7,2
Листва	2,10	2,22	2,12	2,02	+6,0	+0,8	–3,8
Ветви	8,74	6,13	9,45	8,34	–29,8	+8,1	–4,6
Итого	45,34	42,15	43,87	42,36	–7,0	–3,2	–6,6

торной обусловленности должны включать несколько массоопределяющих переменных.

Описание многофакторных зависимостей, связанное с планированием пассивного эксперимента (Налимов, Чернова, 1965; Казимиров, 1985, 1986), представляет самостоятельную проблему и заслуживает отдельного рассмотрения. Отметим лишь некоторые заслуживающие сожаления случаи спекуляций и по существу вульгаризации анализа и описания закономерностей в таком сложном природном комплексе, каким является лес.

В качестве примеров упомянутого «упрощенческого» подхода можно привести по крайней мере три утверждения:

а) «уравнения множественной связи... не дают существенных преимуществ перед уравнениями парной связи и в то же время значительно усложняют расчеты» (Семечкина, 1978, с. 71);

б) увеличение числа входов в зависимости «приводит к накоплению систематических и случайных ошибок, неизбежных за счет дополнительных измерений вводимых параметров, и затрудняет оценку. Поэтому увеличение числа входов приводит к мнимой точности» (Аткин, 1994, с. 17);

в) применение множественной регрессионной зависимости «оправдано лишь при условии, что величины, принятые в качестве независимых переменных, не имеют корреляционных связей, а распределение зависимой переменной при любом заданном значении аргумента является нормальным» (Макаренко, Колтунова, 1980, с. 220).

В последнем случае по существу выдвигается требование не пассивного эксперимента, когда «эксперимент ведет природа» (Налимов, 1971, с. 161), а активного, не применимого к лесной экосистеме, а первые два представляют собой типичные случаи игнорирования системного подхода и принципов планирования пассивного эксперимента (Усольцев, 2002б). Не соответствует действительности и мнимая проблема «усложнения» и «затруднения» расчетов, поскольку вследствие прогрессирующего развития компьютерного обеспечения «сегодня проблемы сложности вычислений не существует» (Швиденко, 2002, с. 44).

Сравнительный анализ перечисленных выше методов расчета фитомассы древостоя на 1 га на примере данной пробной площади показал, что все три метода дают занижение оценок общей надземной фитомассы на 3–7 % (табл. 1.7). Это в общих чертах согласуется с результатами, полученными в 55-летних древостоях ели черной (Barney et al., 1978): оценка надземной фитомассы по регрессиям, рассчитанным по 18 модельным де-

Электронный архив УГЛТУ

ревьям отдельно для стволов, хвои и ветвей с последующим суммированием по фракционному составу, дала занижение на 3–4 % по сравнению с методом сплошной рубки деревьев. Правда, по методу среднего дерева занижение у названных авторов оказалось намного бóльшим (31–45 %), чем по нашим данным (7 %), хотя по массе ветвей занижение в последнем случае составило 30 %.

Приведенный выше пример имеет иллюстративный характер. Он позволяет сделать вывод, что в конкретном древостое оценка фитомассы может быть выполнена с приемлемой точностью любым из трех методов, однако вероятность наиболее точной оценки методом среднего дерева минимальная по отношению к двум остальным (Уткин, 1970; Усольцев, 1988, 1998). Последние два метода обычно дают близкие оценки фитомассы на единице площади древостоя (Madgwick, 1976, 1982).

По-видимому, в приведенных случаях мы сталкиваемся с неизбежной ошибкой выборки, вероятность которой при разных методах различается.

1.2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОМАССЫ НИЖНИХ ЯРУСОВ НАСАЖДЕНИЙ

Наличие или отсутствие нижних ярусов растительности (подлеска, подроста, напочвенного покрова) в значительной степени определяется структурой основного полога. Поэтому они распределены по площади крайне неравномерно, и оценка биопродуктивности обычно предваряется картированием «очагов» их размещения под пологом.

При определении фитомассы подлеска и подроста выполняется перечет растений в «очагах» с измерением средней высоты особей. Затем на площадках размером 1×1 м или 2×2 м, регулярно расположенных на пробной площади, для каждого из видов выбирают средние по высоте и развитию экземпляры, которые срезают под корень, их фракционируют, сушат, и найденные значения фитомассы пересчитывают на число экземпляров данного вида на 1 га (Ярмишко, 2002).

Поскольку структура и видовой состав подлеска и подроста чрезвычайно многообразны, а доля их фитомассы в насаждении очень мала, последнюю определяют упрощенными методами из числа обсуждаемых выше для древостоев основного полога. Обычно это метод среднего растения с упрощениями на всех уровнях выборочного учета.

Первичными объектами исследования биологической продуктивности лесного покрова считаются простые одновозрастные насаждения, а при закладке пробных площадей в таких насаждениях одно из основных условий – отсутствие вклинивающихся «окон» (Родин и др., 1968), искажающих как таксационную, так и биопродукционную характеристики насаждений. Нижние ярусы растительности в таких насаждениях обычно приурочены именно к «окнам», поэтому процедуры определения фитомассы насаждения и нижнего яруса являются частично взаимоисключающими, особенно в период интенсивного самоизреживания древостоев и чаще всего в простых насаждениях ограничиваются фитомассой напочвенного покрова, методы оценки которого достаточно детально разработаны как в геоботанике (Шалыт, Животенко, 1968; Ярмишко и др., 2002), так и в лесоведении (Родин и др., 1968; Уткин, 1975).

Определение фитомассы корней нижних ярусов совмещается с процессом оценки массы подземных органов основного яруса.

Электронный архив УГЛТУ

1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ КОРНЕЙ

Несмотря на то, что корни в неменьшей степени, чем листва, определяют продукционный потенциал древесных растений, имеется диспропорция в степени изученности количественных характеристик листвы и корней. В первой половине XX столетия появились данные о том, что в корнях протекают видоспецифичные реакции синтеза физиологически активных соединений азота, что растение через корни усваивает углекислоту из почвенных газов и карбонатов, активно участвующую в фотосинтезе, что в корнях синтезируются вещества гормонального действия типа производных нуклеиновых кислот (Lundegårdh, 1927; Иванов, 1953а; Курсанов, 1954, 1955).

Методы количественной оценки корневых систем древесных растений достаточно сложны и трудоемки, «а полученные результаты редко оправдывают затраченные усилия» (Ричардсон, 1968, с. 178). Применение разных методик для определения массы корней часто дает несопоставимые результаты (Базилевич, Родин, 1968; Лыхмус, Оя, 1983).

Специфическая особенность оценки массы корней состоит в том, что она должна предваряться установлением некоторых эдафических характеристик местообитания: структура и плотность почвогрунта, макро- и микроморфология, влажность, порозность, доступность элементов питания и др., которые накладывают свой отпечаток на биологические особенности вида и в совокупности с последними в значительной мере определяют общую массу корневой системы и ее структуру (архитектонику). Понимание этого может быть определяющим при выборе метода оценки массы корней (Clark et al., 2001; Snowdon et al., 2002).

Исторически сложился подход, при котором масса корневой системы оценивается с дифференциацией составляющих ее корней по толщине. Корни обычно делятся на фракции для более точной оценки их участия в круговороте веществ и потоках энергии, поскольку продолжительность периода разложения (деструкции) обратно пропорциональна их толщине.

Предлагаются самые разнообразные градации распределения массы корней:

< 6, 6–25 и > 25 мм (Kochenderfer, 1973);
< 5, 5–10, 10–20 и > 20 мм (Harris et al., 1973, 1977);
< 3, 3–7, 7–10, 10–20 и > 20 мм (Аткин, 1984);
< 2, 2–4, 4–6, 6–10 и > 10 мм (Guź, 1990);
< 2, 2–5, 5–20, 20–50 и > 50 мм (Каризуми, 1968);
< 2, 2–5, 5–10 и > 10 мм (Jenik, 1971; Grier et al., 1981);
< 1, 1–2, 2–5, 5–10 и > 10 мм (Верзунов, 1980; Крепкий, 1987);
< 1, 1–5, 6–10, 11–20, 21–50, 51–100 и > 100 мм (Benčat, 1989);
< 1, 1–10 и > 10 мм (Haland, Bräkke, 1989);
< 1, 1–3 и > 3 мм (Рахтеенко, Якушев, 1968);
< 0,6, 0,6–1, 1–2, 2–5 и > 5 мм (Саурина, Каменецкая, 1969);
< 0,25; 0,25–0,5; 0,5–1,0; 1,0–1,5; 1,5–3,0; 3–5; 5–10 и > 10 мм (Бычваров и др., 1976). Однако это разнообразие затрудняет их сравнительный анализ. Б. Лешем (Leshem, 1965) полагает, что поскольку корни представляют собой систему непрерывных переходов морфологических и функциональных характеристик, любая классификация корней, основанная на определении их толщины, является произвольной.

Электронный архив УГЛТУ

Сегодня для решения экологических проблем биосферного уровня формируются глобальные базы данных по фитомассе и первичной продукции лесных экосисем (Olson, Prince, 1996; Esser et al., 1997; Scurlock et al., 1999; Gower et al., 2001; Clark et al., 2001), в том числе по фитомассе корней (Cairns et al., 1997; Schenk, Jackson, 2002) и их первичной продукции (Gill, Jackson, 2000), детритам (Vogt et al., 1986б), глубине занимаемого корнями почвенного профиля (Schenk, Jackson, 2003), для обобщений на основе ГИС-технологий и космического зондирования, а также зонирования в связи с климатом, почвами, структурой растительного покрова. Подобные обобщения необходимы и для распределений массы корней по их толщинам.

Проблема географической сопоставимости и анализа распределений, каждое из которых имеет произвольно назначенные градации толщины корней, может быть решена путем замены фактических дискретных распределений их кумулятами, т. е. кривыми, полученными в результате последовательного суммирования массы фракций нарастающим итогом от самой тонкой к комлевой (Усольцев, Крепкий, 1990).

Однако самая тонкая фракция, приходящаяся на начало ряда распределения, не только имеет самую короткую продолжительность жизни, но и функционально специфична по сравнению с остальной их массой, и уже одно это обстоятельство требует вычленения *тонких* (сосущих) корней из корневой системы в целом. Характерно высказывание индийских исследователей продукции корневых систем (Sundarapandian, Swamy, 1996): «Важная роль тонких корней как участника круговорота элементов питания и как компонента первичной продукции далеко не пропорциональна их вкладу в общую фитомассу» (с. 181).

В последние годы в связи с интенсивными расчетами региональных и глобальных циклов органогенов (веществ, принимающих участие в формировании первичной продукции растений), вопреки сложившейся традиции и во изменение объема понятия *фитомасса*, тонкие корни рекомендуют (Snowdon et al., 2002) включать в почвенный углеродный пул, а остальную массу корней (*скелетных*, или проводящих) – в растительный углеродный пул. Согласно этим рекомендациям, в понятие *фитомасса корней* включается масса лишь тех корней, которые при их отделении от почвогрунта остаются на сите с размером ячеек 2 мм. Корни, прошедшие сквозь такое сито, включаются в почвенный углеродный пул (McKenzie et al., 2001). Подобное деление корневой системы на два разных углеродных пула (растительный и почвенный) мотивируется еще и тем, что тонкие корни составляют, во-первых, небольшую часть общей корневой системы и, во-вторых, их оценка несопоставимо более трудоемка по сравнению со скелетной частью (Snowdon et al., 2002).

С другой стороны, вопреки установившемуся объему понятия *фитомасса* (масса живых тканей растения), в растительный, а не в почвенный пул – детриты, стали относить фракцию отмерших, но по разным причинам задержавшихся на стволе сучьев (Claesson et al., 2001; Mund et al., 2002; Helmisaari et al., 2002; Lehtonen et al., 2004; Wirth et al., 2004), которая всегда входила в более широкое, чем фитомасса, понятие – *органическая масса*.

Еще в XIX столетии физиологически активная часть корней была подразделена (Resa, 1878) на две составляющие – ростовые и сосущие (рис. 1.12).

Электронный архив УГЛТУ

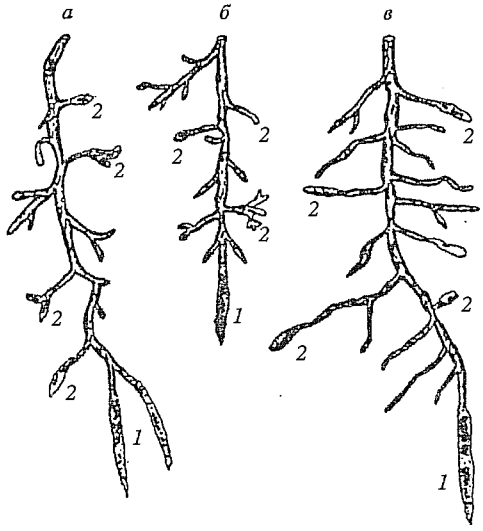


Рис. 1.12. Физиологически активная часть корней дуба (*а*), сосны (*б*) и ели (*в*) с ростовыми (*1*) и сосущими (*2*) корневыми окончаниями (Рахтеенко, 1963)

Длина сосущих корней – от 0,1 до 5 мм, толщина – 0,2–0,5 мм, служат для поглощения воды, усвоения углекислоты и элементов питания из почвы (Тимирязев, 1949; Курсанов, 1955). Ростовые корни древесных растений значительно крупнее: их длина колеблется от 3 до 50 мм, толщина составляет 1–3 мм, иногда – 3–8. Они обладают довольно интенсивным ростом и наряду с поглотительной функцией осваивают новые области почвогрунта (Resa, 1878; Рахтеенко, 1963). Иногда под сосущими корнями понимается совокупность тех и других (Орлов, 1955, 1957, 1967; Борискина, 1959).

На активных корнях имеются корневые волоски, определяющие поглотительную способность растения, и их количество очень изменчиво (Engler, 1903; Schreiber, 1926). А. Энглером (Engler, 1903) было установлено, что у лиственных корневые волоски развиваются гораздо интенсивнее, чем у хвойных, причем наименее обильны они у пихты, и этим автор объясняет повышенную требовательность пихты к эдафическим условиям. Поверхность корневых волосков может превышать поверхность активных корней в 2–3 раза (Колосов, 1962; Рахтеенко, 1963).

И.И. Колосов (1962) существенным недостатком методов весового учета корней считает то, что «они не характеризуют степень развития корня как органа поглощения» (с. 220), поскольку поглотительная способность определяется не только массой, но и поверхностью активных корней и корневых волосков (рис. 1.13). При одной и той же массе активных корней их толщина и протяженность могут различаться в 1,5–2 раза, а количество корневых волосков на единице поверхности – в 3–4 раза. Методы их учета описаны В.А. Колесниковым (1962).

Часто активные корни покрыты мицелярным чехлом, т. е. гифами гриба-микоризообразователя (рис. 1.14 и 1.15). Известны два типа микоризы – эктотрофная и эндотрофная. Первая встречается у пихты, березы, бука, ивы и других видов и обычно связана с короткими (< 5 мм) корешками.

Рис. 1.13. Зависимость поглощающей способности тонких корней от увеличения поверхности корня за счет волосков (Колосов, 1939)

Электронный архив УГЛТУ

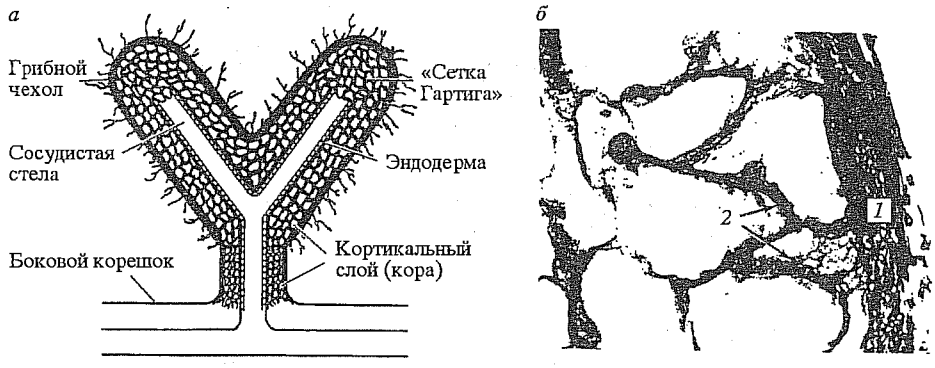


Рис. 1.14. Эктотрофная микориза на коротких корешках древесных растений:
а – схема микоризной ассоциации, вызвавшей дихотомию (раздвоение) короткого корешка сосны; *б* – периферийная часть видоизмененного корешка сосны ежовой с наружным грибным чехлом (*1*) и мицелием (*2*), который пронизывает первичные стенки коры и образует так называемую «сетку Гартига» (Zimmermann, Brown, 1971)

Гифы гриба проникают сквозь клеточные стенки коры и покрывают поверхность корешка чехлом и так называемой сеткой Гартига (см. рис. 1.14, *а*, *б*). Зараженные микоризой корешки вздуваются, разветвляются и иногда образуют коралловидные пучки. Эндотрофная микориза характерна для клена, ильма, тополя, магнолии, можжевельника и других, развивается в клетках коры и не образует таких выраженных вздутий и разветвлений, как эктотрофная (Zimmermann, Brown, 1971). Часто встречаются оба типа одновременно (эктоэндотрофная микориза). И. Еник (Jenik, 1957; цит. по: Köstler et al., 1968) выделяет четыре формы эктоэндотрофной микоризы: гладкая коралловидная, густоволосковидная, редковолосковидная и щетковидная (см. рис. 1.15). Зараженные микоризой корешки сильно изменяются, корневые волоски при этом исчезают (Engler, 1903; Рахтеенко, 1963). Строение инфицированных и неинфицированных микоризой корней эвкалипта в сравнении дано на рис. 1.16).

В структурном отношении корневые окончания и мицелярный чехол практически невозможно расчленить, тогда как в функциональном плане микориза значительно расширяет область усвоения элементов питания, выводя ее за пределы тонкой фракции корней. Масса микоризы в насаждениях сосны веймутовой достигает 5–6 %, дуба – 12 % и дугласии – 51–78 % к массе тонких корней (< 2 мм) (Fogel, 1983). В 25-летних культурах кедра си-

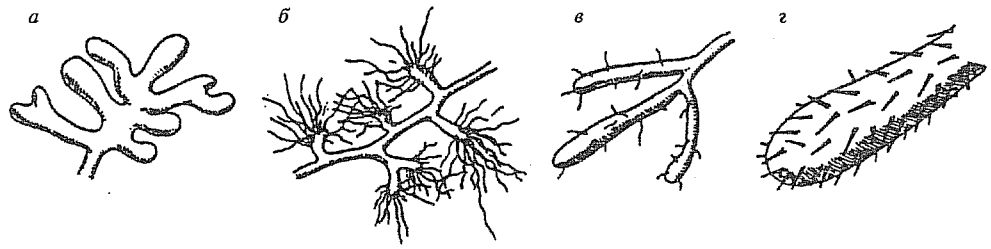


Рис. 1.15. Различные типы эктоэндотрофной микоризы у дуба (Jenik, 1957; цит. по: Köstler et al., 1968):
а – гладкая коралловидная, *б* – густоволосковидная, *в* – редковолосковидная, *г* – щетковидная

Электронный архив УГЛТУ

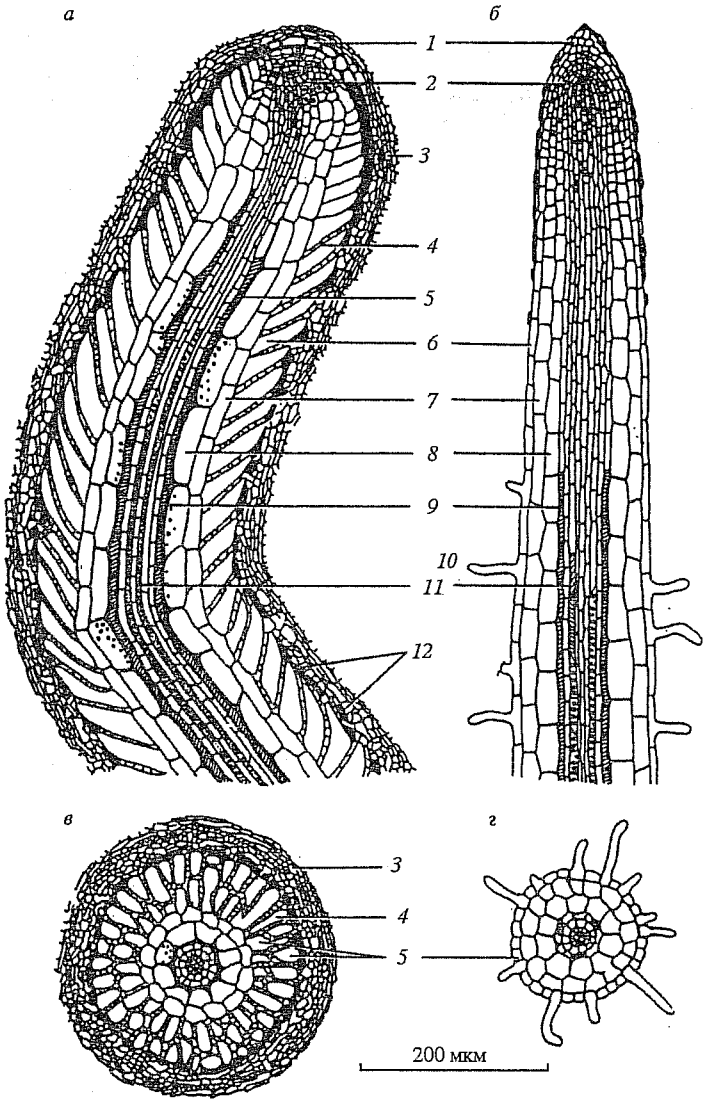


Рис. 1.16. Строение микоризных (*а*, *в*) и неинфицированных (*б*, *г*) корней у эвкалипта на срединных продольных (*а*, *б*) и поперечных (*в*, *г*) срезах:

1 – корневой чехлик; *2* – меристематическая зона; *3* – гифальный чехол, или мантия; *4* – сетка Гартига; *5* – утолщенные оболочки внутренней первичной коры; *6* – эпидерма; *7* – наружная первичная кора; *8* – внутренняя первичная кора; *9* – эндодерма (заштрихованы участки, пропитанные таннином); *10* – корневые волоски; *11* – одревесневшая протоксилема; *12* – сплющенные остатки клеток чехлика (Chilvers, Pryor, 1965; цит. по: Крамер, Козловский, 1983)

Электронный архив УГЛТУ

бирского, сосны обыкновенной, лиственницы, ели, осины и березы в красноярской лесостепи отношение *NPP* микоризы к *NPP* корней составило 108, 57, 50, 69, 25 и 58 % соответственно (Ведрова, 2005). По мнению Д.В. Веселкина (2004), для разных видов хвойных характерен примерно равный размах варьирования объемной доли гриба в поглощающих органах.

Путем тщательных исследований корневых окончаний в почвенных кернах, взятых в насаждениях пихты замечательной в возрасте 23 и 180 лет, под микроскопом с использованием микротома установлено (Vogt et al., 1982), что в обоих насаждениях масса микоризы составляет всего 1 % от общей фитомассы насаждения, однако ее вклад в общую *NPP* равен 14–15 %. Соответствующие показатели в 25-летних культурах кедра сибирского, сосны обыкновенной, лиственницы, ели, осины и березы в красноярской лесостепи были равны 20, 8, 14, 17, 7 и 9 % соответственно (Ведрова, 2005).

Симбиоз тонких корней с микоризой и микроорганизмами ризосферы (клубеньковые бактерии и др.) называют «кухней биохимического синтеза» (Mothes, Domeike, 1958). Интенсивность микоризообразования повышается с ростом концентрации CO_2 в атмосфере (O'Neil et al., 1987; Berntson et al., 1997; Tingey et al., 1997, 2000), хотя во многих случаях эта тенденция отсутствует (Conroy et al., 1990; Lewis et al., 1994; Pérez-Soba et al., 1995; Walker et al., 1997) либо наблюдается, но статистически недостоверна (Markkola et al., 1996). Встречаемость микоризы возрастает также в направлении от глубинных к поверхностным слоям ризосферы, ухудшением трофности и увеличением кислотности почвы (Köstler et al., 1968).

Учет симбиоза корневых окончаний и мицелярного чехла представляет собой самостоятельную проблему, и до настоящего времени он практически не подлежит количественному анализу. Например, в последнем руководстве по унифицированной оценке корней (Cornelissen et al., 2003) к категории сосущих относят корешки, имеющие корневой чехлик и корневые волоски, но при наличии микоризы решение об отнесении или неотнесении корешков к категории сосущих оставляют «на усмотрение исследователя» (с. 359).

При отмывке на ситах диаметром ячеек 5–6 мм значительная часть микоризы теряется. Поэтому обычно применяют более мелкую сетку с отверстиями 0,20–0,25 мм (Орлов, 1957; Fogel, 1983). Однако есть свидетельства того, что и сквозь ячейки 0,50 мм тонкие корни с микоризой проходят очень редко (Tateno et al., 2004). В последнее время получило распространение гидропневматическое автоматическое отмывающее устройство (Smucker et al., 1982; Hendrick, Pregitzer, 1993; Steele et al., 1997), основанное на применении воздушных пузырьков при пропускании водной суспензии почвенных частиц и корешков сквозь трубку с 0,42-миллиметровой сеткой на ее конце. Эффективность устройства по отделению корней от почвенных частиц составляет 99 % (Smucker et al., 1982).

Методов определения массы корней чрезвычайно много, и они представлены в соответствующих обзорах (Методы изучения..., 1968; Köstler et al., 1968; Newbould, 1968; Head, 1970; Hermann, 1977; Russel, 1977; Böhm, 1979; Smit et al., 2000; Snowdon et al., 2001). Вследствие большого непрерывного диапазона толщины и функциональных особенностей корней, сложной архитектоники и чрезмерной трудоемкости исследования деструктивную (нарушающую объект) оценку массы корней обычно выполняют в не-

Электронный архив УГЛТУ

сколько приемов (стадий), и такой метод называют комплексным (Поликарпов, 1962; Newbould, 1967; Рахтеенко, Якушев, 1968; Саурина, Каменецкая, 1969; Чмыр, 1984; Guź, 1990; Snowdon et al., 2002).

Чем точнее метод, тем он более трудоемок. По свидетельству Гельмута Лита (Lieth, 1968), трудоемкость определения массы корней модельного дерева методом раскопки в 3–5 раз выше, чем остальных фракций его фитомассы в целом, и возрастает экспоненциально по мере увеличения размера дерева. При исследовании корней в объеме одного почвенного керна диаметром 1,9 см и длиной 15 см на отделение частиц почвы от корешков, их сортировку на отмершие и живые (0–0,5, 0,5–3,0 и > 3 мм) с помощью микроскопа и препаровальной иглы требуется 15 ч (McClaugherty et al., 1982).

На точность оценок массы корней существенно влияет способ их извлечения из монолитов. На примере сосны веймутовой установлено, что ручная выборка более эффективна для фракции диаметром 2–5 мм, а способ отмывки на ситах с мелкими ячейками – для тонких корней диаметром < 2 мм. В последнем случае потери снижаются на 30–40 % по сравнению с ручной выборкой (Fogel, 1983).

Хотя фактические данные о трудозатратах при использовании того или иного метода в литературе очень редки (Böhm, 1979), приведем краткое описание некоторых, априорно отобранных из наиболее распространенных и точных, при приемлемом уровне затрат.

1.3.1. «АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ» МЕТОД – РАСКОПКА И ОТМЫВКА СКЕЛЕТНЫХ КОРНЕЙ МОДЕЛЬНОГО ДЕРЕВА (ТОЛЬСКИЙ, 1904а; МОДЕСТОВ, 1915; КАЛИНИН, 1975; LE GOFF, OTTORINI, 2001)

Первые раскопки корневых систем деревьев были выполнены французским философом М. Дугамель ду Монсо (Duhamel du Monceau, 1760) около 250 лет назад. Вольфганг Бем (Böhm, 1979) полагает, что с тех пор в течение более столетия какие-либо исследования корневых систем растений не проводились, пока в 1870-х гг. не появились первые результаты немецких ученых по изучению корневых систем сельскохозяйственных культур в связи с применением удобрений. В действительности «столетнего безмолвия» в изучении корневых систем деревьев не было. Ф. Реза (Resa, 1878) и А.П. Тольский (1904а) дают перечни с кратким анализом по крайней мере 20 работ за упомянутое столетие, посвященных исследованиям морфологии и динамики роста корневых систем древесных растений, часть которых будет обсуждаться ниже (Dieskau, 1776; Willdenow, 1798; Borkhausen, 1800; König, 1820; Loudon, 1823; Agardh, 1832; Treviranus, 1838; Dove, 1846; Mohl, 1862; и др.).

Известно, что в биологии как одной из естественных наук ни один феномен не возникает на пустом месте, а предваряется длительным периодом дискурсивного наблюдения (Бернал, 1956; Алексеев, 2002). Даже Г. Мендель, которого обычно считают первооткрывателем закона наследственности, имел предшественников в лице практиков-селекционеров Й.Г. Кельрейтера, Т. Найта, О. Сарже, Ш. Нодена и других (Тимофеев-Ресовский, 1984). Соответственно и в отношении корней деревьев шло непрерывное накопление и постепенное осмысление эмпирической информации, вначале отрывочной, во многом наивной, но со временем все в большей степени систематизированной.

Электронный архив УГЛТУ

В России метод раскопки корневой системы дерева в целях изучения ее строения и формирования известен с 1904 г. как скелетный метод, или метод «скелета» (Тольский, 1904б). Для ускорения процесса отделения корней от почвы и более полного учета корней вначале на травянистых растениях (Модестов, 1915), а затем и на древесных (Калінін и др., 1998) стала применяться отмывка последних с помощью водомета (брандспойта). К сожалению, специфика лесной ситуации редко позволяет завезти цистерну с водой в удаленный от дорог сомкнутый древостой, а в горных лесах это вообще невозможно.

Тем не менее М.И. Калининым (1975, 1978, 1983; Калінін и др., 1998) в условиях Карпат получен обширный материал по фитомассе и архитектонике корневых систем основных лесообразующих пород (9 – хвойных, 13 – лиственных и 6 – кустарниковых видов) методом раскопки и отмывки с помощью водометов (мотопомпы разной производительности: МП-100, МП-600, МП-800, МП-1600) в пределах всего корнеобитаемого пространства дерева. Цель исследований М.И. Калинина с коллегами была специфичной – найти некие общие закономерности в многообразии сугубо индивидуальных особенностей архитектоники и формирования скелета корневых систем древесных пород. Метод был усовершенствован М.М. Гузем (Guź, 1990; Гузь, 1996) путем совмещения раскопки и водометной отмывки скелетных корней со взятием монолитов сечением 0,5×0,5 м на глубину 1,5 м для учета тонкой фракции (0,1–2,0 мм), включая микоризу.

При ручной и механизированной раскошке без отмывки (Аткин, 1978; Ker, Raalte, 1981; Mund et al., 2002) остается неучтенной не только фракция тонких корней, но и неизвестная часть скелетных (Лыхмус, Оя, 1983). Но и при отмывке водометом какая-то часть тонких корней неизбежно теряется в водном потоке (Whittaker, Marks, 1975; Fogel, 1983). Даже при «аккуратном» выкапывании корневых систем механической лопатой общие потери массы корней достигают 35 % (Le Goff, Ottorini, 2001). Поэтому сомнительным представляется утверждение Мартины Мунд с соавт. (Mund et al., 2002), что при выдергивании из земли деревьев с корнями с помощью трелевочного трактора потери массы корней составляют менее 10 %.

В настоящее время методы прямой раскопки корней существенно модифицированы зарубежными исследователями. Рассмотрим один из подобных методов на примере 30-летнего насаждения бука лесного на северо-востоке Франции (Le Goff, Ottorini, 2001). Корневая система модельного дерева извлекается из земли с помощью механической лопаты по возможности при минимальном обламывании корней. Последние раскладываются на открытом месте, отмываются от частиц грунта, затем сортируются на три группы без учета порядка ветвления, т. е. по диаметру среза у основания корня: крупные (> 5 мм), мелкие (от 2 до 5 мм) и тонкие (< 2 мм), и взвешиваются. Поскольку часть корней при извлечении из почвогрунта неизбежно теряется, их масса восстанавливается расчетными методами (Whittaker, Woodwell, 1971; Whittaker, Marks, 1975; Santantonio et al., 1977). Рассмотрим три таких метода.

1. *Метод простой регрессии* (Whittaker, Woodwell, 1968; Snowdon et al., 2002). Согласно этому методу, устанавливается количество сломанных окончаний корней и замеряются их диаметры, а также диаметры и масса аналогичных интактных (неповрежденных) корней. Для последних рассчи-

Электронный архив УГЛТУ

тываются зависимости *масса – диаметр*, которые используются для восстановления массы сломанных и оставшихся в почвогрунте корней по измеренным их базальным (у основания) диаметрам, а также для косвенной (без взвешивания) оценки массы корневых систем деревьев. Поскольку сбег стержневых корней значительно больше, чем горизонтальных, регрессии рассчитываются для тех и других отдельно.

2. *Метод совмещенных регрессий* (Le Goff, Ottorini, 2001) более детализирован и предусматривает учет не только общей фитомассы корней, но и ее фракционной структуры. Вначале выводится зависимость суммарной массы p_r (г) рассортированных корней (крупные + мелкие + тонкие), входящих в тот или иной интактный фрагмент корневой системы бука лесного, от базального диаметра этого фрагмента d (см) в диапазоне от среднего диаметра тонких корней (в данном случае 0,1 см) до максимального диаметра у основания крупных корней (в данном случае 5 см) (рис. 1.17):

$$\ln p_r = 3{,}0096 + 2{,}0949 \ln d;\ SE = 0{,}158;\ R^2 = 0{,}860. \qquad (1.5)$$

Затем рассчитываются уравнения зависимости относительной массы интактных фрагментов корневой системы, включающих крупные и мелкие корни, от базальных диаметров этих фрагментов в диапазоне от 0,5 до 5,0 см. Ветвящийся фрагмент корня с базальным диаметром 0,5–5,0 см включает корни не только первого, но и более высоких порядков, имеющие базальные диаметры в диапазоне от 0,2 до 0,5 см. Соответственно этот фрагмент подразделяется на крупную (coarse, p_c) диаметром 0,5–5,0 см и мелкую (small, p_s) диаметром 0,2–0,5 см фракции, значения относительной массы которых (соответственно p_c/p_r и p_s/p_r) описываются зависимостями от базального диаметра d фрагмента в диапазоне от 0,5 до 5,0 см:

$$p_c/p_r = 0{,}91206 - 0{,}36505/d;\ SE = 0{,}114;\ R^2 = 0{,}60 \text{ (рис. 1.18, } а); \qquad (1.6)$$

$$p_s/p_r = 0{,}04543 + 0{,}19979/d;\ SE = 0{,}087;\ R^2 = 0{,}44 \text{ (рис. 1.18, } б). \qquad (1.7)$$

Путем табулирования (1.6) и (1.7) в пределах диапазонов применимости уравнений по значениям диаметров обломанных базальных окончаний корней (0,5–5,0 см) рассчитывается относительная масса соответственно крупных и мелких корней, затем по (1.5) – их абсолютные значения. Масса «потерянных» тонких (fine) корней p_f определяется как $[p_r - (p_c + p_s)]$. Полученные расчетным путем значения массы «потерянных» крупных, мелких и тонких корней (соответственно p_c, p_s и p_f) суммируются с массой извлеченных из почвогрунта корней соответствующих групп толщины.

Далее рассчитываются уравнения зависимости относительной массы p_s/p_r интактных фрагментов корневой системы, включающих только мелкие корни, от базальных диаметров этих фрагментов в диапазоне 0,2–0,5 см:

$$p_s/p_r = 0{,}97354 - 0{,}1560/d;\ SE = 0{,}144;\ R^2 = 0{,}76 \text{ (рис. 1.19).} \qquad (1.8)$$

Путем табулирования (1.8) в пределах диапазона применимости уравнения по значениям диаметров обломанных окончаний корней (0,2–0,5 см) рассчитывается относительная масса мелких корней и затем по (1.5) – абсолютные ее значения. Масса «потерянных» тонких корней p_f определяется как $(p_r - p_s)$. Полученные значения массы «потерянных» мелких и тонких

Электронный архив УГЛТУ

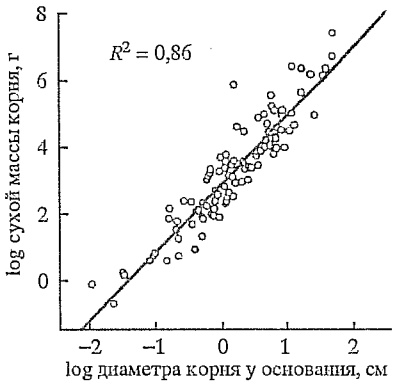


Рис. 1.17. Зависимость суммарной массы крупных, мелких и тонких корней, входящих в интактный фрагмент корневой системы бука лесного, от проксимального (базального) диаметра этого фрагмента, т. е. диаметра у его основания, в логарифмических координатах (Le Goff, Ottorini, 2001). Каждая точка на графике соответствует одному фрагменту

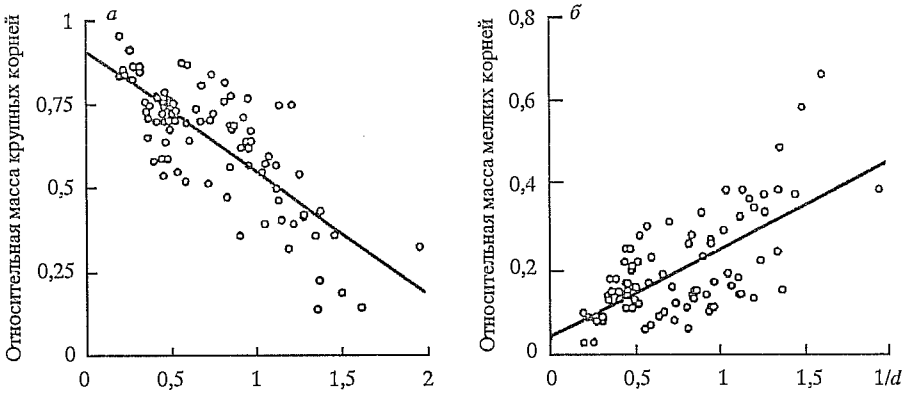


Рис. 1.18. Зависимости относительной массы интактных фрагментов (обозначены точками) корневой системы, включающих крупные (*а*) и мелкие (*б*) корни, от величины, обратной базальному диаметру этих фрагментов в диапазоне от 0,5 до 5,0 см (Le Goff, Ottorini, 2001)

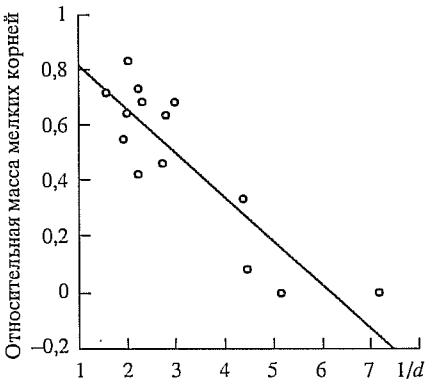


Рис. 1.19. Зависимость относительной массы интактных фрагментов (обозначены точками) корневой системы, включающих только мелкие корни, от величины, обратной базальному диаметру этих фрагментов в диапазоне от 0,2 до 0,5 см (Le Goff, Ottorini, 2001)

Электронный архив УГЛТУ

корней (соответственно p_s и p_f) суммируются с общей массой извлеченных из почвогрунта корней и выше рассчитанных «потерянных» фракций соответствующих групп толщины.

М. И. Калинин с соавт. (1998) применили иной вид совмещенных регрессий. На примере сосны обыкновенной они вначале рассчитали общую массу корня p_r (г) от базального диаметра d (мм) по уравнению

$$p_r = 71{,}1 - 56{,}0d + 26{,}3d^2, \qquad (1.9)$$

а затем зависимости для массы каждой фракции p_i в отдельности от того же базального диаметра d:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{для } d < 0{,}6 \text{ мм} & p_i = -0{,}29 + 8{,}8d - 1{,}07d^2 \\ \text{для } d = 0{,}6 - 3{,}0 \text{ мм} & p_i = 58{,}0 + 21{,}0d + 2{,}0d^2 \\ \text{для } d > 3{,}0 \text{ мм} & p_i = 30{,}4 + 21{,}1d - 2{,}4d^2 \end{array}\right\}. \qquad (1.10)$$

Авторы установили, что при базальном диаметре корня более 6–8 см соотношение фракций разной толщины у сосны стабилизируется и составляет: 0,8–2,0 % для d < 0,6 мм; 3,0–4,6 % для d = 0,6–3,0 мм и 94,4–94,6 % – для d > 3,0 мм.

Как уже отмечалось, при использовании метода раскопок масса тонких корней не может быть учтена в полном объеме, что и подтвердило ее определение методом монолитов на той же пробной площади: она оказалась заниженной в 8 раз (Le Goff, Ottorini, 2001). В 20-летних культурах сосны замечательной в Австралии масса тонких корней при аналогичном сопоставлении была занижена в 1,2–2,0 раза (Moir, Bachelard, 1969).

3. *Метод фрактальной* (*архитектурной*) *модели.* Для случаев, когда существенная часть корневой системы (например, на скальных местообитаниях) недоступна для выемки, используется метод фрактальных моделей, описывающих ветвящиеся структуры по принципу самоподобия (Mandelbrot, 1983; Barnsley, 1988; Peitgen, Saupe, 1988; Соколов, 1989). Применительно к корневым системам это означает, что общая схема ветвления корней подразделяется на соподчиненные подсистемы, которые в последовательно уменьшающихся масштабах повторяют общую схему (Zeide, 1991; van Noordwijk et al., 1991, 1994, 1996; Spek, van Noordwijk, 1994; Eshel, 1998; Snowdon et al., 2002; Salas et al., 2004). Этот принцип в отношении архитектоники корней был сформулирован еще В. А. Колесниковым (1962): «...Даже малая часть корневой системы сеянца во многом повторяет всю систему в целом» (с. 127).

На примере фракталов мы наблюдаем радикальную смену парадигм в оценке инструментария научного познания. Основным доказательным инструментом в науке изначально была математическая статистика, основанная на теории вероятностей, зарождение которой восходит ко второй половине XVII в. (переписка между Паскалем и Ферма). Со временем эта теория нашла широкое применение сперва в физике, а после открытия закона наследственности Г. Менделя – и в биологии (Любищев, 1969). По определению Д. Харвея (1974), «математическая теория вероятностей представляет собой язык для обсуждения различными способами целого ряда эмпирических проблем» (с. 216). Но еще в начале XIX в. Лапласом (цит. по: Харвей,

Электронный архив УГЛТУ

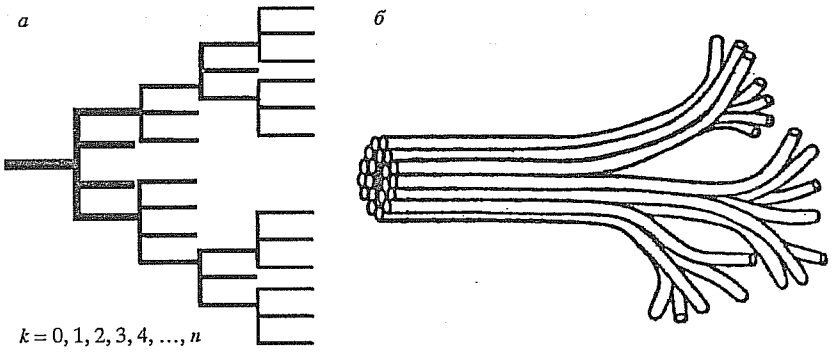


Рис. 1.20. Схематическое представление общности: (*а*) теории фракталов (показана топология ветвления от уровня $k = 0$ (ствол) до уровня $k = n$ (петиоли)) и (*б*) пайп-модели (символически показана система ветвящихся сосудов) (West et al., 1999)

1974) была высказана «еретическая» точка зрения: «Теория вероятностей была необходима ввиду нашего невежества и неосведомленности» (с. 219). Лаплас считал, что мир управляется не вероятностными законами, а законами природы, овладев которыми, можно прогнозировать ту или иную ситуацию. Сегодня среди зарубежных «математизированных» экологов бытует мнение, что описание природных объектов лежит за пределами евклидовой геометрии (Mandelbrot, 1983) и что «живой мир управляется законами, основанными на фрактальной геометрии и размерах организмов» (Whitfield, 2001, p. 342).

Для параметризации и проверки адекватности фрактальной (архитектурной) модели необходимо вскрытие всей корневой системы либо по крайней мере наиболее репрезентативных ее частей, но значительно в меньшем объеме, чем при чисто описательных методах. Для расчета общей фрактальной модели интактные корневые системы расчленяются по порядкам ветвления, измеряются длина, масса и угол крепления каждого сегмента. При известных характеристиках доступных корней первого порядка (проксимальных), непосредственно примыкающих к комлю, модель позволяет достаточно корректно определить массу периферийных корней более высокого порядка, недоступных для извлечения и взвешивания.

В последние годы установлена общность двух теорий – фрактальной геометрии и пайп-модели (pipe model, см.: Huber, 1925, 1928; Shinozaki et al., 1964), что открывает новые возможности для описания архитектуры и фитомассы ветвящихся структур дерева, в том числе корней (Zeide, 1991, 1993; van Noordwijk et al., 1994; Spek, van Noordwijk, 1994; Osawa, 1995; West et al., 1999; Enquist et al., 1999; Oppelt et al., 2000, 2001; Enquist, Niklas, 2002; van Noordwijk, Mulia, 2002). Принципиальную общность названных двух теорий иллюстрирует рис. 1.20.

Пайп-модель сосудистых растений является (West et al., 1997) частным случаем более общей модели фрактального ветвления и масштабирования множества биологических систем, т. е. может стать надежной основой для определения фрактальных параметров корневой системы.

Принцип самоподобия (Mandelbrot, 1983) характеризует объект, поддерживающий стабильность формы в некотором диапазоне разных масшта-

Электронный архив УГЛТУ

бов. Применительно к корневой системе этот принцип предполагает одну и ту же схему бифуркации (ветвления) – от проксимальных до тончайших водопроводящих корней. На первых этапах исследований данная схема не включала сосущие (тонкие) корни, функционально отличные от проводящих корней с иной ростовой схемой (Sievänen et al., 2000), однако в разработках последних лет во фрактальный анализ включаются и тонкие корни (van Noordwijk, Mulia, 2002).

Г. Вест с соавт. (West et al., 1999) представили общую фрактальную аллометрическую модель для крон сосудистых растений, учитывающую сужение водопроводящих сосудов. Параметры модели выведены не столько эмпирическим путем, сколько исходя из фрактальной геометрии и гидродинамики. Поскольку крона и корневая система являются составными частями общей водопроводящей системы дерева, то к ним может быть применен один и тот же аллометрический принцип (Salas et al., 2004).

Э. Салас с соавт. (Salas et al., 2004) на примере двух тропических древесных пород произвели необходимые измерения корневых систем и оценили возможности повышения точности как фрактальной (Spek, van Noordwijk, 1994; van Noordwijk et al., 1994), так и аллометрической (West et al., 1999) моделей.

В принятой схеме бифуркации сегмент (звено) корня (порядок n, звено i) разветвляется на несколько новых сегментов, которые образуют следующий, более высокий порядок (порядок $n + 1$, звено j). Архитектура корневой системы описывается с помощью рекурсивного алгоритма (Ozier-Lafontaine et al., 1999), который используется в последовательности бифуркаций вплоть до финального звена, т. е. корня минимального диаметра D_m, в данном случае равного 5 мм.

Основными параметрами фрактальных моделей корней являются отношение суммы поперечного сечения корней после бифуркации к площади сечения корня до бифуркации (α) и распределение площадей сечения после бифуркации (q) (Spek, van Noordwijk, 1994; van Noordwijk et al., 1994). Масштабный фактор α определен Э. Саласом с соавт. (Salas et al., 2004) как отношение квадрата диаметра корня до бифуркации D_b^2 к сумме квадратов диаметров после бифуркации $\sum D_a^2$. Фактор распределения площади сечения корней q рассчитан как отношение максимального квадрата диаметра после бифуркации $\max(D_a^2)$ к сумме квадратов диаметров после бифуркации $\sum D_a^2$. Угол бифуркации корней оценен стохастическим методом на основе экспериментальных данных.

Вначале экспериментальные данные были упорядочены в виде относительных частот распределений как вертикальных, так и горизонтальных углов бифуркации с величиной градации 0,175 радиан (10°). Затем для каждой градации рассчитали кумулятивные распределения. Случайные числа, генерированные системой «S-Plus...» (1991) в диапазоне от нуля до 100, сопоставили с рядами кумулятивных частот, и величину угла, соответствующую случайному числу в диапазоне вероятности, применили к следующей бифуркации.

Затем путем серии последовательных расчетов определили количество, длину и диаметр сегментов корней, в том числе проксимальных. Это позволило по характеристикам проксимальных корней рассчитать объем и затем фитомассу всех корней, а с учетом углов прикрепления установить пределы

Электронный архив УГЛТУ

их пространственной протяженности. Обнаружено, что исходные параметры фрактальной и аллометрической моделей довольно близки, однако для корректного применения последней в целях описания архитектуры и массы корневых систем необходимы дополнительные измерения диаметров проводящих сосудов.

При исследовании корневых систем в спелых древостоях дугласии в Британской Колумбии (Richardson, Dohna, 2003) установлено, что асимметрия ветвления корней и коэффициент бифуркации зависят от диаметра корней, т. е. принцип самоподобия не соблюдается. Тем не менее полученная с помощью фрактальной модели теоретическая зависимость фитомассы корней от диаметра ствола оказалась близкой к аналогичной зависимости, рассчитанной по ранее опубликованным эмпирическим данным. Отсюда авторы делают вывод о том, что, хотя принцип самоподобия при ветвлении корней не подтверждается полученными ими эмпирическими данными, тем не менее фрактальный подход полезен при построении аллометрического соотношения между диаметром ствола и фитомассой корней.

1.3.2. ВЗРЫВНОЙ МЕТОД (ПОЛИКАРПОВ, 1962; WHITTAKER, WOODWELL, 1968; WHITTAKER ET AL., 1974)

Из-за трудоемкости определения массы корневых систем методом прямой раскопки стали практиковаться так называемые «экспресс-методы», к которым можно отнести взрывной метод Н.П. Поликарпова (1962), основывающийся на замене части ручных работ взрывными. С помощью этого метода, представляющего собой по существу ускоренную модификацию метода раскопки, при работе вдвоем за день обрабатывалось 6–10 корневых систем деревьев в 20-летних и около 15 – в 10-летних сосново-мелколиственных древостоях. Для сравнения: при ручной раскопке, проведении необходимых измерений и описании корневой системы одного 15-летнего дерева сосны скрученной одному человеку требуется пять недель (Preston, 1942).

При подготовке взрыва по периферии исследуемой биогруппы деревьев и в ее центре на глубину около 120 см бурятся скважины на расстоянии 100–150 см. В каждую скважину опускается заряд аммонала массой до 200 г с запалом и бикфордовым шнуром длиной около 1,5 м. Применение более крупных зарядов, бурение менее глубоких и ближе расположенных скважин приводит к нежелательному повреждению корней. Затем скважины плотно забиваются землей. При взрыве почвогрунт встряхивается и разрыхляется, и корни теряют сцепление с ним по всему профилю, что облегчает их раскопку и извлечение на поверхность почвы. Как правило, высвобождаются все вертикальные корни, но на отдельные горизонтальные корни, выходящие далеко за проекцию кроны, сфера действия взрыва не распространяется. Такие корни, обычно поверхностные, легко учитываются при дополнительной раскопке. По свидетельству Н.П. Поликарпова (1962), взрывной метод позволяет полностью сохранить скелетную часть корневых систем. Для учета тонких корней метод предполагает дополнительное взятие почвенных монолитов, описанное ниже.

Применение взрывного метода в США (Whittaker, Woodwell, 1968; Whittaker et al., 1974; Whittaker, Marks, 1975) предполагает использование динамитных шашек, причем мощность заряда рассчитывается пропорционально размеру дерева и, в отличие от изложенного выше метода, должна

Электронный архив УГЛТУ

обеспечить выброс основной массы корневой системы и дробление комля (пня) на удобные для взвешивания части. Шашки закладываются вокруг пня и под ним. Куски комля освобождают от корней первого порядка и взвешивают. Оставшиеся в воронке скелетные корни вручную раскапывают (при возможности с отмывкой) на всю длину, соединяют с отрезанными от комля корнями и взвешивают. У раскопанных корней измеряют диаметры обломанных концов. Дополнительно в ходе раскопок измеряют и взвешивают определенное количество корней, по совокупности которых рассчитывают зависимости массы корней в абсолютно сухом состоянии (p_r, г) от диаметра нижнего среза корня (d, см). Полученные зависимости используются для восстановления массы корней, потерянных при их извлечении из почвогрунта.

По фактическим данным 64 модельных корней ели красной получено уравнение (Whittaker, Marks, 1975)

$$\log_{10} p_r = -2{,}1427 + 2{,}0442 \log_{10} d;\ R^2 = 0{,}972, \qquad (1.11)$$

а по 190 модельным корням листопадных деревьев – обобщенное уравнение (Whittaker, Marks, 1975):

$$\log_{10} p_r = -2{,}1604 + 2{,}0705 \log_{10} d;\ R^2 = 0{,}897. \qquad (1.12)$$

Иногда регрессии, подобные (1.11) и (1.12), рассчитываются отдельно для стержневых и горизонтальных корней.

1.3.3. МЕТОД МОНОЛИТОВ (KING, 1892; КАЧИНСКИЙ, 1925; КОЛЕСНИКОВ, 1962; РАХТЕЕНКО, ЯКУШЕВ, 1968)

При количественной оценке корней, особенно тонких, наибольшее распространение получил метод монолитов в различных модификациях, впервые примененный в 1891 г. Мюнцом и Жираром (цит. по: Колесников, 1962). Метод предполагал отбор и отмывку корней из взятого почвенного объема по горизонтальным равновеликим слоям. Ф. Кинг (King, 1892) брал монолит в пределах распространения корневой системы растения с выявлением ее границ путем предварительных прикопок. Н.А. Качинский (1925) модифицировал метод Мюнца и Жирара и отбирал почвенные монолиты по генетическим горизонтам с помощью металлического ящика-корнереза, который вдавливали в почву, затем его извлекали, корни выбирали, сортировали, взвешивали и сушили до абсолютно сухого состояния.

Метод ящика-корнереза получил широкое распространение за рубежом в период 1930–1970 гг. (Böhm, 1979) под названием сэмплер-метода (sampler method). Ящик-сэмплер имеет квадратное сечение со стороной от 5 до 30 см и высоту от 10 до 50 см. Одна боковая стенка сэмплера удалена для предотвращения уплотнения почвы при его вдавливании и удобства извлечения почвенного монолита. После заглубления сэмплер окапывается лопатой и извлекается с таким расчетом, чтобы почвенный монолит выступал за пределы отсутствующей стенки. Сэмплер кладется этой стороной вверх и лишняя почва срезается заподлицо, а монолит делится по подгоризонтам, из которых отмывают корни.

Описанные выше приемы взятия монолита в разных модификациях предназначались в основном для травянистых и мелких кустарниковых

Электронный архив УГЛТУ

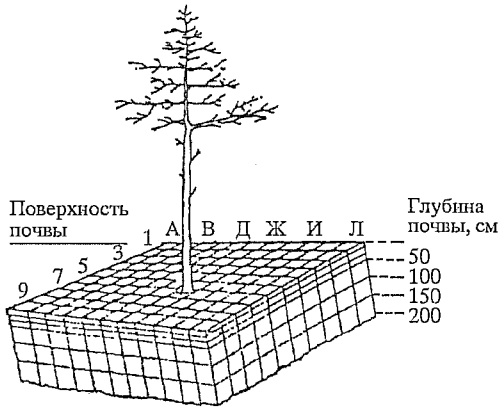


Рис. 1.21. Схема деления пространства роста корневой системы дерева на мелкие почвенные монолиты (Rogers, Vyvyan, 1928)

растений. Применительно к дереву, корневая система которого распределена на значительно бóльшей площади, метод монолита получил развитие в работах английских исследователей (Rogers, Vyvyan, 1928, 1934). Почву разрезают на малые монолиты кубической формы со стороной 50 см, причем верхний слой с большей плотностью корней делят на три подблока толщиной около 17 см (рис. 1.21). Каждый монолит извлекают из почвы, корни отмывают, сортируют и взвешивают. В результате получают распределение массы скелетных и сосущих корней одновременно по почвенному профилю и площади роста дерева. Поскольку совокупный монолит у деревьев имеет огромные размеры, при определении массы корней в нем приходится извлекать до 60 т почвогрунта.

Для сокращения трудоемкости работ и возможности изучать массу корней в динамике В.А. Колесников (1962) предложил метод так называемого вольного монолита. По периферии кроны дерева копают небольшие траншеи с таким расчетом, чтобы по профилю их стенок вырезать по генетическим горизонтам монолиты с площади 20–25 см^2. Полученные значения массы корней пересчитывают на всю площадь роста дерева. Примечательно, что автор метода не приводит показателя точности выборочного учета, а в качестве подтверждения правомерности его использования апеллирует к марксисту-диалектику В.И. Ленину (1947): «...Отдельное не существует иначе как в той связи, которая ведет к общему. Общее существует лишь в отдельном, через отдельное. Всякое отдельное есть (так или иначе) общее» (с. 327).

И.Н. Рахтеенко и Б.И. Якушев (1968) предложили комплексный метод монолитов, предполагающий закладку траншеи, которая в этом случае предназначена не для облегчения отбора мелких почвенных монолитов вдоль ее стенки, а представляет собой крупный монолит, в объеме которого определяется масса корней дерева. Наряду с крупным закладывается также серия мелких (вольных) монолитов. После обмера и картирования деревьев на пробной площади (не менее 500 м^2) на плане выбирается место между средними модельными деревьями в естественных насаждениях, в культурах – между рядами для закладки траншеи. Траншея в междурядье располагается так, чтобы ее ширина точно соответствовала ширине междурядья, а длина траншеи захватывала не менее двух соседних деревьев в рядах (рис. 1.22).

Перед раскопкой корневых систем определяется масса надземных фракций (стволы, ветви, листва) модельных деревьев, находящихся на границе траншеи. Корни на площади траншеи выкапываются послойно (по 10–20 см) до глубины их проникновения. Для выборки корней землю просеивают че-

Электронный архив УГЛТУ

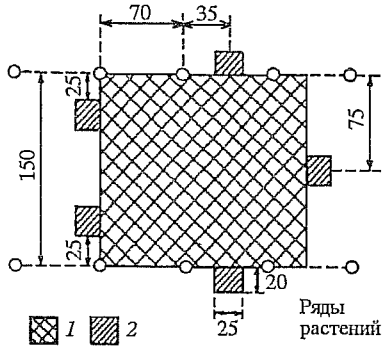


Рис. 1.22. Схема закладки траншеи (*1*) и мелких почвенных монолитов (*2*) в лесных культурах (Рахтеенко, Якушев, 1968)

рез сито с отверстиями 2–3 мм. Отмытые корни разделяют по породам, а затем на три фракции по диаметру: первая – корни толщиной до 1 мм, вторая – от 1 до 3 мм и третья – 3 мм и более. Корни двух последних фракций относятся к крупным, а толщиной 1 мм и менее – к тонким.

При разборке корней отдельно учитывают корни травянистых растений, мертвые корни и органические остатки, в которых нельзя распознать определенные части растения. После сортировки корни и надземные части высушивают и взвешивают. Затем рассчитывается масса сухих корней на 1 м^2 по формуле

$$X = P_1/S_1, \qquad (1.13)$$

где P_1 – масса корней с площади траншеи, кг; S_1 – площадь траншеи, м^2. Расчет массы корней одного среднего (теоретического) модельного дерева выполняется по формуле

$$X = (P_1 \times S_2)/(S_1 \times N), \qquad (1.14)$$

где S_2 – размер пробной площади, м^2; N – количество деревьев на пробной площади.

В тех случаях, когда исследуется насыщенность почвы только тонкими корнями, применяют метод мелких вольных монолитов размером 20×25 см с использованием ящика-корнереза (рис. 1.23). Монолиты закладываются в 5-кратной повторности в характерных точках пробной площади (см. рис. 1.22) на глубину проникновения основной массы корней. Из почвенных монолитов корни отмываются на ситах с отверстиями 0,25–1,0 мм, сушатся и рассчитывается их масса на 1 м^2.

При большой глубине корневой системы дерева для взятия малых вольных монолитов с помощью прямоугольного ящика-корнереза приходится прибегать к формированию траншеи в форме перевернутого ступенчатого конуса и брать из верхних горизонтов монолиты большей площади, чем из нижних. В глоссарии Р. Саттона и Р. Тинуса (Sutton, Tinus, 1983) метод монолитов (блоков) определяется как «метод изучения корневой системы путем ее полной или частичной сухой раскопки с предварительной выкопкой траншеи, взятия малых почвенных монолитов

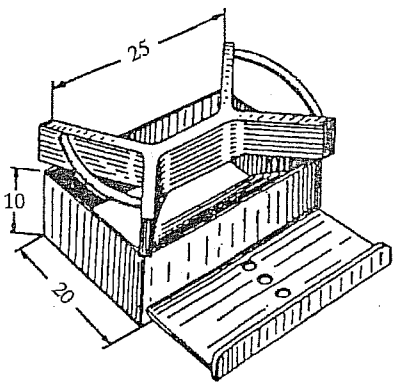


Рис. 1.23. Прямоугольный шаблон-корнерез для выемки почвенных монолитов с корнями (Рахтеенко, Якушев, 1968)

Электронный архив УГЛТУ

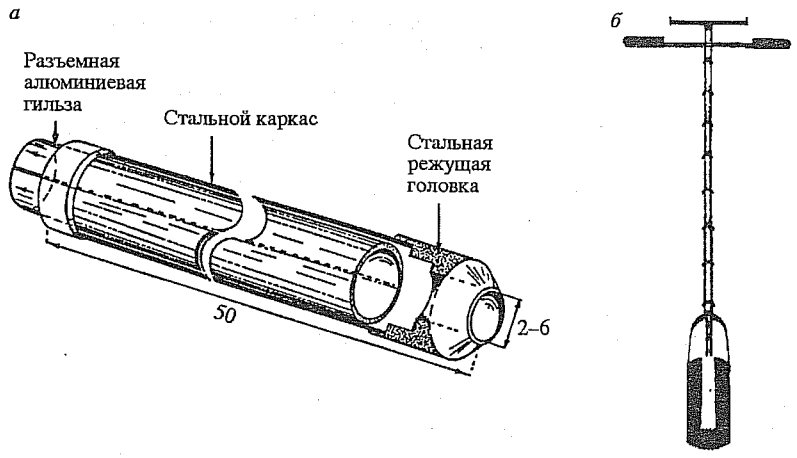


Рис. 1.24. Инструменты для взятия цилиндрических почвенных монолитов:
а – пуансон для получения «кернов вдавливания» (Ford, Deans, 1977); *б* – бур для получения «кернов вращения» (Böhm, 1979)

(блоков) и определения массы, типа и длины включенных в них корней» (с. 50). Иными словами, выкопка траншеи предполагается непременным условием взятия почвенных монолитов.

По-видимому, это условие справедливо лишь по отношению к прямоугольным ящикам-корнерезам, имеющим обычно достаточно большую площадь вдавливания, затрудняющую их проникновение на всю глубину корневой системы дерева. Процедура существенно упрощается при замене прямоугольного монолита цилиндрическим керном. В этом случае применяются инструменты двух типов. В первом случае это специальный полый пуансон – трубка с заостренной нижней кромкой, которая забивается в почвогрунт и берется «керн вдавливания» диаметром 2–6 см (рис. 1.24, *а*). Небольшое (1 мм) сужение на расстоянии 1 см от режущей кромки (Ford, Deans, 1977; Grier et al., 1981) не позволяет прилипать почве к стенкам трубки. Во втором случае применяют специальный бур-колонку с зазубренной нижней кромкой диаметром 7 см (рис. 1.24, *б*), предназначенный для взятия «керна вращения». При глубине взятия последнего до 1 м используется ручной привод, а при большей – механический, но и в этом случае оптимальный диаметр бура не превышает 10 см (Böhm, 1979).

При взятии мелких вольных монолитов, распределенных по площади случайным образом либо в соответствии с некоторой схемой, можно определить массу тонких и части скелетных корней, но при этом не учитывается масса комля, примыкающего к стволу дерева, которая может составлять 50–55 % от общей массы корней (Harris et al., 1977).

Необходимо также иметь в виду, что метод мелких вольных монолитов занижает оценку массы тонких корней, и это занижение тем значительнее, чем меньше площадь поперечного сечения шаблона-корнереза. Например, при определении массы тонких корней в 10-летних культурах сосны ладанной с помощью цилиндрических пуансонов сечением 3 и 49 $см^2$ средние оценки составили соответственно 93 и 157 $г/м^2$ (занижение в первом случае 41 %) при стандартных отклонениях оценок 39 и 67 $г/м^2$ соответственно (Zarnoch et al., 1993).

Электронный архив УГЛТУ

1.3.4. МЕТОД 2-СТАДИЙНОЙ ОЦЕНКИ МАССЫ КОРНЕЙ (SNOWDON ET AL., 2002)

Поскольку при извлечении корневой системы из почвогрунта путем ее раскопки неизбежны потери наиболее тонких фракций, а также имеет место взаимное перекрытие корнеобитаемых пространств соседних деревьев, выборочный учет массы корней дерева можно ограничить некоторым минимальным их диаметром или предельным объемом корнеобитаемого пространства (ризосферы). С учетом этого методикой, разработанной в рамках Национальной системы оценки углерода в Австралии (Snowdon et al., 2002), предусмотрен 2-стадийный учет массы корневой системы дерева.

Первая стадия выборочного учета массы корней. У модельного дерева учитываются только корни, ограниченные некоторым предельным диаметром, например 25 мм, а более тонкие игнорируются либо учитываются лишь корни, входящие в некоторое пространство ризосферы вокруг пня, имеющее, например, форму цилиндра радиусом 1 м и глубиной 1 м. Для оценки массы корней модельного дерева применяется метод раскопки. Чтобы получить несмещенные корреляции с надземными измерениями, необходимо для каждого древесного вида не менее 20 раскопанных корневых систем, включая комель (припенную часть корневой системы) и стержневой корень (рис. 1.25). Модельные деревья, отобранные для раскопки корней, должны быть репрезентативными по линейным размерам их надземной части, а для вида в целом – и по всему спектру условий произрастания.

Предельные размеры выборки из корневой системы назначаются исходя из практических соображений. Предельный диаметр корней должен устанавливаться с таким расчетом, чтобы имелась возможность эффективного восстановления массы периферийных корней, а размер почвенного объема должен обеспечить оценку наибольшей части корневой системы. В ча-

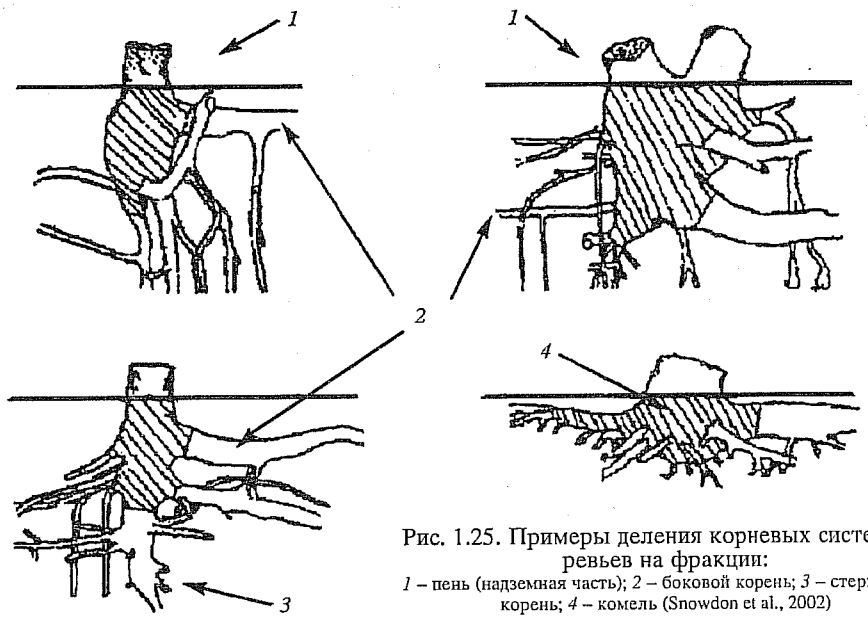


Рис. 1.25. Примеры деления корневых систем деревьев на фракции:
1 – пень (надземная часть); *2* – боковой корень; *3* – стержневой корень; *4* – комель (Snowdon et al., 2002)

Электронный архив УГЛТУ

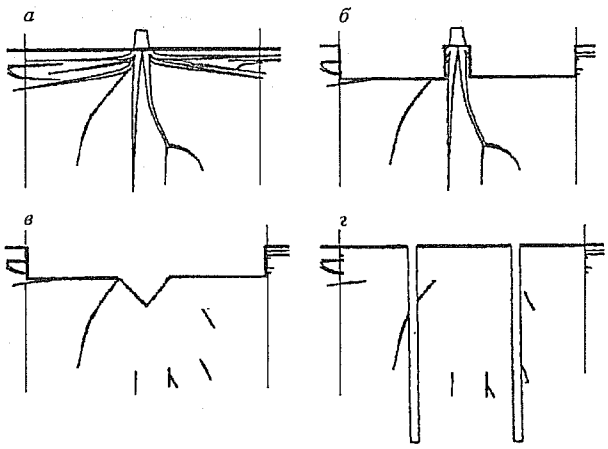


Рис. 1.26. Последовательность 3-стадийного выборочного учета массы корневой системы дерева (Snowdon et al., 2002). Пояснения в тексте

стности, в плане он может ограничиваться проекцией либо радиусом кроны.

Если модельное дерево достаточно большого размера с массивным комлем, то для выемки корневой системы применяется механическая лопата, что на скалистых грунтах и сухих песках служит единственным способом учета массы корневой системы дерева. Для очистки вынутой корневой системы от частиц почвогрунта необходим набор соответствующих инструментов: металлическая вилка, метелка, лопатка, отвертка, а также гидро- либо пневмоструйное устройство.

После выемки корневая система делится на фракции: комель, стержневой корень и боковые корни (см. рис. 1.25) и определяется их масса. Боковые корни отделяются от комля непосредственно под базальным наплывом. Поскольку часть скелетных корней в процессе их извлечения неизбежно теряется, применяется дополнительная расчетная процедура по восстановлению их массы.

Вторая стадия выборочного учета массы корней. Масса периферийных корней, не учтенных на первой стадии, подлежит оценке на второй стадии путем взятия почвенных кернов (цилиндрических монолитов) на площади роста не менее 10 деревьев. При этом корни, диаметр которых больше предельного, принятого на первой стадии (например, 25 мм), удаляются из выборки. Подобный метод рекомендован также П. Ньюболдом (Newbold, 1967). Если на первой стадии учтены корни в пределах принятого почвенного объема (например, радиусом 1 м и глубиной 1 м), то выборочные керны для периферийных корней, не учтенных на первой стадии, аналогичным образом закладываются за пределами упомянутых почвенных объемов. Подобный метод рекомендован также В. Барроусом с соавт. (Burrows et al., 2000).

Кроме 2-стадийной процедуры, возможны различные ее модификации. В качестве примера можно привести 3-стадийную схему (рис. 1.26), использованную при оценке массы корней сосны приморской и эвкалипта шаровидного (Snowdon et al., 2002).

На рис. 1.26, *а* показано сечение корневой системы дерева без средних и мелких корней. Боковыми вертикальными линиями обозначена граница раскапываемой части корней, проведенная через середину расстояний между соседними деревьями. На первой стадии (рис. 1.26, *б*) наиболее заселенный корнями верхний слой почвогрунта толщиной 0,6–0,8 м извлекается механической лопатой и просеивается на сите с размером ячеек 25 мм. Мелкие корни просеиваются вместе с почвогрунтом, а большая часть крупных корней остается на сите и взвешивается. На второй стадии (рис. 1.26, *в*) извлекается и взвешивается пень со стержневым корнем, при этом часть пе-

Электронный архив УГЛТУ

риферийных корней обламывается. И на третьей стадии (рис. 1.26, *г*) после засыпки углубления, образовавшегося после извлечения пня, почвогрунтом, выкопанным и просеянным на первой стадии, масса корней, не учтенная на первой и второй стадиях, оценивается путем взятия почвенных кернов до глубины проникновения корней. При этом учитывается масса как мелких корней, прошедших сквозь сито на первой стадии, так и корней, обломившихся на второй стадии. Содержимое всех кернов просеивается на сите с размером ячеек 2 мм, и оставшиеся на сите тонкие корни взвешиваются. К недостаткам этой 3-стадийной схемы следует отнести невозможность получения достоверных данных о массе «остаточных» корней на третьей стадии, так как для этого требуется неприемлемо большое количество почвенных кернов, а также невозможность учета сосущих корней.

Более перспективна 3-стадийная методика, по которой работали в Ярославской области Н.И. Саурина и И.В. Каменецкая (1969) в 32-летнем сосняке на среднеподзолистых песчаных почвах. На первой стадии по ступеням толщины ствола были выкорчеваны пни со скелетными корнями, обрубленными на расстоянии 0,5 м от центра пня, и по данным перечета деревьев определена масса этих корней на 1 га. На второй стадии взяты 12 монолитов с предварительным рытьем траншей, которые размещались на расстоянии, равном среднему расстоянию между деревьями, но не ближе 0,5 м от центра выкорчеванных пней. Масса корней толщиной более 5 мм определена в монолитах размером 50×50 см, корней толщиной 1–5 мм – в монолитах 25×25 мм, а корней толщиной 0,6–1,0 мм учтена с использованием почвенного бура диаметром 9 см. Масса сосущих корней (< 0,6 мм) определялась отдельно (третья стадия) по методике А.Я. Орлова (1955).

1.3.5. МЕТОД А.Ф. ЧМЫРА (1984)

Метод предусматривает три последовательные стадии. На первой стадии закладывается *седлающий* (*пневый*) монолит: обнажается корневая система дерева в радиусе от 30 до 100 см на глубину 10–15 см в целях определения массы и количества крупных скелетных корней, их диаметра и характера распространения в горизонтальной проекции. Затем выбираются 2–3 корня, разделяющих своим направлением окружность проекции кроны на соответствующие секторы, и вскрытием почвы по ходу этих корней через 15–20 см устанавливается их протяженность. Средняя протяженность корней, формирующих скелет, принимается за радиус R зоны распространения корневой системы дерева, по которому вычисляется площадь поверхности почвы, занятой корнями (рис. 1.27).

На второй стадии закладываются *профильные* почвенные монолиты (не менее 10) объемом 5 дм^3 (25×20×10 см) по ходу выбранных скелетных корней: первый – на окружности седлающего (пневого) монолита, а последующие (2-й, 3-й, …, 10-й) – в радиальном направлении в сторону внешней границы зоны распространения корневой системы. После ручной выборки скелетных корней почва просеивается через три сита с диаметром ячеек 2,0; 1,0 и 0,3 мм в водяной ванне. Блок сит из трех секций опускается в ванну с водой, где встряхиванием и помешиванием почвы производится отмывка корней. Далее по ходу корней закладываются монолиты в тех же местах с глубины 10 см до максимальной глубины распространения корней исследуемой модели.

Электронный архив УГЛТУ

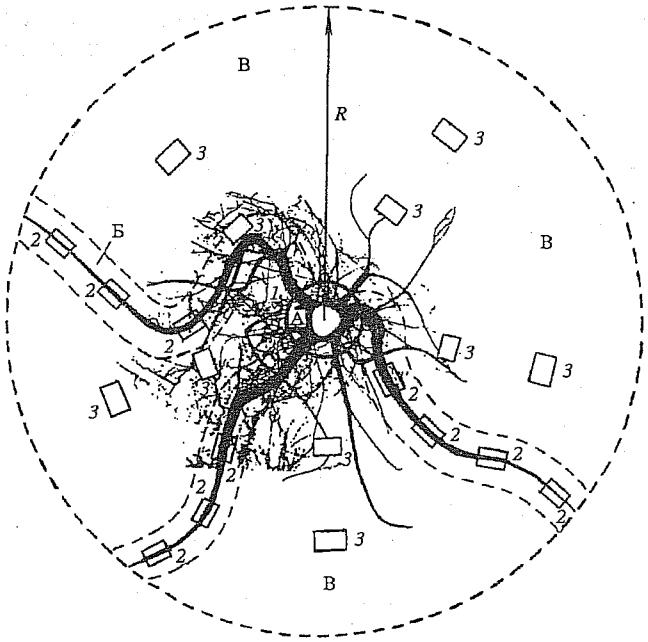


Рис. 1.27. Схема расположения монолитов, отбираемых по комплексному методу А. Ф. Чмыра (1984).

1 – 3 – соответственно седлающий, профильные и вольные монолиты; *R* – радиус зоны распространения корневой системы; А – В – показаны зоны взятия седлающего (А), профильных (Б) и вольных (В) монолитов

На третьей стадии приступают к закладке на равном расстоянии 10 *вольных* монолитов по концентрическим кругам в зоне распространения корневой системы. Глубина их закладки определяется глубиной проникновения корней модельного дерева. После завершения работ выкапывается и взвешивается комлевая часть (седлающий монолит) на площади круга первоначально обнаженной корневой системы вокруг ствола. В лаборатории корни помещают на 30 мин в водяную ванну, затем отмывают от почвенных частиц и определяют видовой состав корней и балл микоризности. Для пересчета фитомассы на абсолютно сухое состояние все взятые образцы сушат в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С до постоянного веса.

При камеральной обработке данных определяется насыщенность 1 дм^3 почвы корнями изучаемой древесной породы и пород-конкурентов по каждой из зон взятия монолитов: а) седлающего монолита, б) скелетных (профильных) корней и в) вольных монолитов (зона между скелетными корнями). Далее устанавливается доля каждой зоны в общей площади корнеобитания данной модели. Затем определяют средневзвешенную массу корней в зоне корнеобитания модельного дерева.

Рассмотренный метод находит применение при поверхностном характере распределения корневой системы, как, например, у ели (Усольцев и др., 2002б, 2004б). При большой глубине проникновения корней (например, у сосны – до 5,0–5,5 м) метод становится слишком трудоемким.

По-видимому, подобную дифференциацию монолитов в пределах корнеобитаемого пространства дерева трудно оправдать, поскольку в резуль-

Электронный архив УГЛТУ

тате взаимного проникновения корней и корневой конкуренции деревьев масса тонких корней распределена в насаждении довольно равномерно, по крайней мере она не связана с расстоянием от ближайшего дерева, оставаясь стабильной даже в «окнах» (Moir, Batchelard, 1969; Safford, Bell, 1972; Zarnoch et al., 1993; Stober et al., 2000), и чем тоньше фракция корней, тем равномернее ее распределение по площади (Krauss et al., 1934; Grosskopf, 1950; Kern et al., 1961). Наконец, метод дает завышенную оценку массы тонких корней модельного дерева, определяемой вольными монолитами, поскольку учитываются и корни соседних деревьев, проникающие в корнеобитаемое пространство модельного.

1.3.6. МЕТОД Н. КАРИЗУМИ (1968)

Метод предназначен для определения массы корней при более или менее равномерном распределении деревьев на площади – в культурах или при достаточно редком их стоянии – в естественных древостоях старших возрастов. В этом случае раскопка корневой системы производится на площади роста дерева. Блок почвы на такой учетной площадке выкапывается на глубину проникновения корней с подразделением на слои, как показано на рис. 1.28, и корни каждого слоя учитываются отдельно. При этом они подразделяются на фракции в зависимости от толщины корня: тонкие (< 2 мм), мелкие (2–5 мм), средние (5–20 мм), крупные (20–50 мм), очень крупные (> 50 мм) и комель.

Масса корней, вынутых из почвенного блока, с одной стороны, включает не только корни данного, но и какую-то часть корней соседних деревьев, но с другой – не учитывает массу корней данного дерева, выходящих за пределы почвенного блока. Н. Каризуми (1968) на 10 модельных деревьях в 24-летних культурах криптомерии японской сопоставил «истинную» массу корней деревьев, полученную при учете изолированной корневой системы дерева, и «массу в блоке», т. е. массу всех корней, вынутых из почвенного блока. Оказалось, что по суммарной массе всех корней 10 модельных деревьев оба метода дали одинаковые результаты, т. е. масса «лишних» корней соседних деревьев равна массе неучтенных корней модельного дерева, выходящих за пределы почвенного блока.

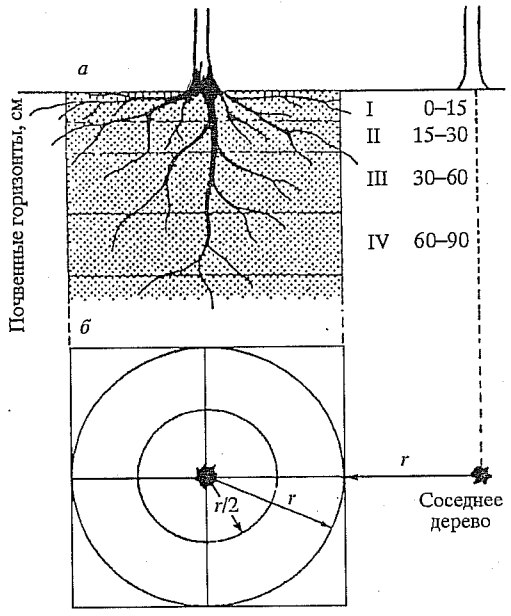


Рис. 1.28. Схема закладки почвенного блока (Каризуми, 1968):
а и *б* – соответственно вид сбоку и сверху

Таким образом, при одинаковой точности учета метод почвенных блоков (Каризуми, 1968) имеет преимущество перед индивидуальной оценкой «истинной» массы корней модельного дерева (Чмыр, 1984), поскольку трудоемкость его примерно в пять раз ниже.

Электронный архив УГЛТУ

1.3.7. МЕТОД И.С. КРЕПКОГО (УСОЛЬЦЕВ, КРЕПКИЙ, 1994)

Методы И.Н. Рахтеенко и Б.И. Якушева (1968), Н. Каризуми (1968) и А.Ф. Чмыра (1984), являющиеся «деструктивными» и потому предусматривающими уничтожение модельного дерева, были модифицированы И.С. Крепким (Усольцев, Крепкий, 1986, 1994) и предложен «деструктивный» метод, предназначенный для оценки массы и архитектоники корневых систем как в естественных сосняках, так и в культурах. При этом были устранены некоторые недостатки упомянутых выше методов. В частности, метод И.Н. Рахтеенко и Б.И. Якушева предусматривает оценку массы корней не конкретного дерева, а расчетного среднего, что делает невозможным сравнение полученного результата с данными «недеструктивного» электрометрического метода Б.И. Якушева (1972, 1988), описанного ниже. Метод Н. Каризуми (1968) предполагает независимость площади почвенного блока от размеров дерева, что соответствует геометрически упорядоченному размещению деревьев и не бывает в действительности.

Метод И.С. Крепкого в отличие от метода Н. Каризуми предусматривает определение массы корней *среднего* дерева древостоя «в блоке», но с учетом его фактического пространства роста. Площадь почвенного блока среднего дерева рассчитывается путем деления величины пробной площади на число деревьев на ней. Полученная площадь отграничивается вокруг дерева в форме квадрата, и почвенный блок раскапывается вручную по 10-сантиметровым слоям на глубину проникновения стержневого корня до 5–6 м. Подобная глубина шурфа характерна для песков, и для предотвращения осыпания его стенки крепятся досками. При диаметре среднего дерева более 12 см раскапывается корневая система на половине квадрата по одну сторону от ствола, а менее 3–4 см – корневая система биогруппы из 2–6 деревьев в пределах ее границ с предварительным картированием биогрупп. Совокупность дифференцированной по толщинам массы корней биогруппы распределяется в лаборатории пропорционально массе комля (припенной наиболее крупной фракции) составляющих деревьев.

Корни отбирают вручную в процессе просеивания почвогрунта на сите с размером ячеек 3 мм и в лаборатории сортируют по толщине с помощью специальной линейки с прорезями шириной 1, 2, 5 и 10 мм. При просеивании значительная часть корней, главным образом тонких (< 1 мм), проходит сквозь ячейки сита вместе с почвогрунтом. Их отмывка осуществляется через набор сит с таким последовательно уменьшающимся размером ячеек, чтобы последнее сито (с минимальными просветами 0,25 мм) удерживало самую тонкую фракцию. Поскольку объем отсеянного почвогрунта достигает нескольких кубометров, для уменьшения трудоемкости процесса отмывке подлежит не весь объем, а лишь десятая его часть (практически это может быть, например, каждое десятое ведро, наполняемое почвогрунтом по мере его отсеивания). Соответственно масса полученной фракции при ее включении в общую массу корней дерева умножается на 10.

Рассортированные по толщинам корни объединяются в 50-сантиметровые слои по профилю блока и сушатся до абсолютно сухого состояния при температуре 100 °С. В результате для каждого модельного дерева составляется двухвходовая матрица, пример которой для сосны в 23-летних культурах приведен в табл. 1.8.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.8

Распределение абсолютно сухой массы корней (г) 23-летней сосны по их толщинам и полуметровым слоям почвогрунта (высота дерева 10,2 м, диаметр на высоте груди 11 см, уровень грунтовых вод 4,4 м; Крепкий, 1987)

Глубина, м	Толщина корней, мм					Итого
	< 1	1–2	2–5	5–10	> 10	
0–0,5	2761,8	252,5	277,1	342,2	5363,4	8997,0
0,5–1,0	687,8	107,0	99,1	188,5	696,4	1778,8
1,0–1,5	763,6	157,2	200,6	215,8	7,1	1343,3
1,5–2,0	956,0	151,4	146,3	55,5	–	1309,2
2,0–2,5	395,0	78,2	76,4	9,5	–	559,1
2,5–3,0	452,4	70,5	54,2	0,8	–	577,9
3,0–3,5	422,2	63,6	3,2	2,4	–	491,4
3,5–4,0	369,4	45,7	0,3	–	–	415,4
4,0–4,2	86,0	4,3	–	–	–	90,3
Всего	6893,2	930,4	857,2	814,7	6066,9	15 562,4

Звену из 3–4 человек на получение данных по схеме табл. 1.8 о массе корневой системы сосны на дерново-боровых и темнокаштановых почвах для обработки корней биогруппы из 3–5 деревьев диаметром 3–6 см или отдельного дерева диаметром до 15 см требуется 20–30 рабочих дней.

Как уже упоминалось, для приведения к сопоставимому состоянию фракционного состава массы корней, полученной разными авторами с разными градациями толщины корней, разработан метод кумулят (Усольцев, Крепкий, 1994). Для этого экспериментальные матрицы (см. табл. 1.8) трансформируются к виду интегральных кривых-кумулят, представляющих аллометрическую (прямолинейную в логарифмических координатах) зави-

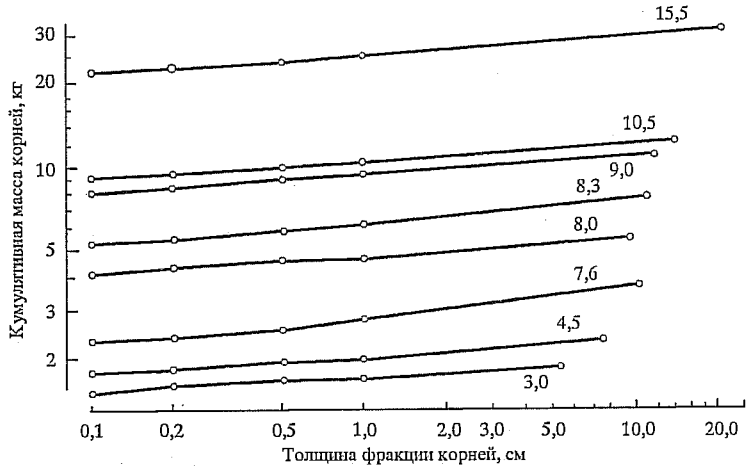


Рис. 1.29. Зависимость кумулятивных (накопленных нарастающим итогом, начиная от тонкой фракции) значений массы корней от толщины их фракции, представляющая в логарифмических координатах прямую линию; цифры на кривых – диаметры ствола модельного дерева на высоте груди, см (Усольцев, Крепкий, 1990)

Электронный архив УГЛТУ

симость накопленных значений фитомассы (нарастающим итогом от самой тонкой к комлевой фракции) от толщины корней (рис. 1.29). Разработана специальная регрессионная модель, описывающая двумерное (по толщинам и вертикальному профилю) распределение кумулятивных значений массы корней со стандартной ошибкой оценки общей массы корней дерева 10 % и их тонкой фракции – 7 % (Усольцев, Крепкий, 1994).

1.3.8. ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД Б.И. ЯКУШЕВА (1972, 1988)

Изложенные выше методы учета массы подземных органов растений основаны на их раскопках. Метод раскопок не дает возможности оперировать большим количеством материала из-за трудности его получения. Поэтому данные о массе подземных органов растений, особенно древесных, в основном статистически не обрабатываются. Бóльшие возможности для получения массовых данных о корнях растений дают так называемые «инструментальные» методы (Nadezhdina,Čermak, 2003), к которым можно отнести методы с применением радарной техники и электрометрических измерений.

Первый основан на радиолокационном сканировании почвенного объема на глубину до 30 м и позволяет получить карту пространственной архитектоники корневой системы. Он не находит пока широкого применения, поскольку учитывает лишь скелетные корни толщиной более 20 мм (Hruska et al., 1999; Butnor et al., 2001; Nadezhdina, Čermak, 2003; Bolte et al., 2003).

Второй, электрометрический, метод основан на измерении сопротивления (активного, емкостного, индуктивного) тканей растения пропускаемому через них электрическому току. Начальный этап использования этого метода в исследованиях количественных характеристик корневых систем растений охватывает период с 1920-х по 1960-е гг., однако, по свидетельству В. Бема (Böhm, 1979), эти эксперименты были либо неудачными, либо «модельными» и поэтому непригодными для натурных измерений.

Сравнительно более совершенный метод для сельскохозяйственных культур был разработан О. Хлоупеком (Chloupek, 1972, 1976, 1977) на основе измерительного моста импеданса Tesla BM 394E с батарейным питанием и поэтому пригодного для полевых исследований. При напряжении 12 V максимальная измеряемая сила тока составляла 15 мА при частоте от 0,8 до 5,0 кГц. Один выход моста присоединяли к корневой шейке растения, а второй погружали в почву на глубину 10–15 см, снимали отсчет емкостного сопротивления, а затем определяли массу извлеченного из земли корня.

Метод основан на предположении, что при постоянстве толщины пограничного слоя-мембраны между растением и почвогрунтом и неизменной диэлектрической постоянной растений измеренное емкостное сопротивление пропорционально площади поверхности (и массе) корней. Поскольку совокупность клеточных мембран растения также оказывает сопротивление электрическому току, то измеряемое емкостное сопротивление фактически зависит не только от площади поверхности корней, но и от их физиологии и внутренней структуры.

Линейные регрессионные зависимости массы корней от величины емкостного сопротивления рассчитывали по результатам 10–24 повторностей. Эти уравнения объясняли в среднем около 50 % общей изменчивости массы корней с колебаниями для отдельных культур от 43 до 90 %, а их регрессионный коэффициент значительно различался по типам почв: напри-

Электронный архив УГЛТУ

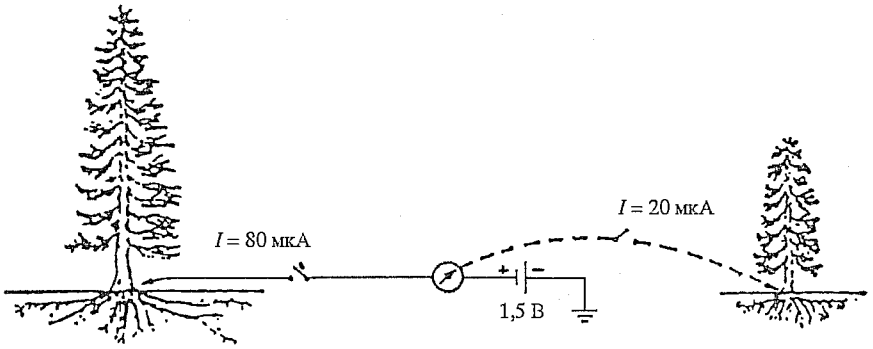


Рис. 1.30. Схема постановки эксперимента с проводимостью корневых систем (Якушев, 1988). Пояснения см. в тексте

мер, для подсолнечника на песке и на суглинке он составил 3,02 и 0,25 соответственно.

Такая неустойчивость оценок была обусловлена неизвестной долей емкостного сопротивления клеток и тканей, изменчивостью диэлектрической постоянной, непостоянством характеристик пограничных слоев между растением и почвой, а также между клетками растений, наличием «паразитной» емкости электродов, проводов и почвогрунта, варьированием физиологического состояния растений, структуры и влажности почвогрунта и т. д.

На основе многолетних эколого-физиологических и электрофизиологических исследований корневых систем растений Б.И. Якушеву (1972, 1988) удалось разработать более точный метод, основанный на пропускании через растение постоянного тока, и во многом избежать методических недочетов предшественников.

Описание метода Б.И. Якушева (1988). Известно, что лучшая электропроводность растений по сравнению с почвогрунтом связана с высоким содержанием в растительных тканях воды, подвижных ионов солей, органических кислот и других соединений. Общая суммарная концентрация этих веществ значительно превышает содержание солей в почвенном растворе. Таким образом, в растении содержится большое количество электролита. Если пропускать электрический ток от батареи с ЭДС 1,5 В через растение и почву (рис. 1.30), то его наибольшее значение микроамперметр зафиксирует у крупных растений. Например, у сосны 5-летнего возраста сила тока при замыкании цепи равна 20 мкА, а у 20-летнего дерева этого же вида – 80 мкА. Эта особенность прохождения электрического тока через растительные ткани и почву положена в основу разработанной методики.

На рис. 1.31 приведена схема прибора для определения массы подземных органов растений, который состоит из микроамперметра *1* (0–100 мкА), источника питания *2* с ЭДС 1,5 В, трех электродов заземления *3*, одного контактно-

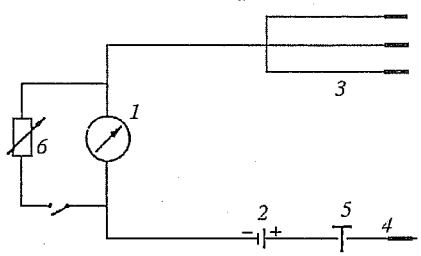


Рис. 1.31. Принципиальная схема прибора для измерения массы корней древесных растений (Якушев, 1988). Пояснения см. в тексте

Электронный архив УГЛТУ

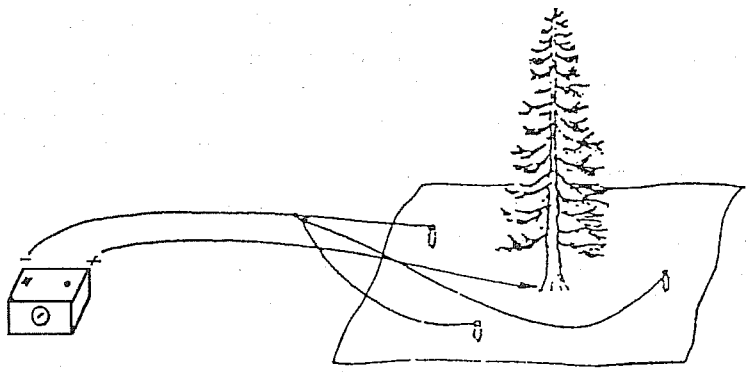


Рис. 1.32. Схема подключения прибора к растению и почве при определении массы подземных органов у древесных растений (Якушев, 1988)

го электрода *4*, кнопочного включателя *5* и шунта *6* с коэффициентом ×4. Электроды выполнены из медной проволоки сечением ~3 мм. Электроды заземления длиной 100 мм соединяются между собой параллельно и имеют общий вход.

У контактного электрода есть иглообразный выступ длиной 4 мм и сечением ~1,5 мм. При определении массы корневых систем больших деревьев возможны значительные величины силы тока, превышающие 100 мкА. Поэтому у микроамперметра предусмотрен шунт *6*. Общий вид прибора и схема его подключения к растению и почве представлены на рис. 1.32.

Электроды с соблюдением полярности подключаются к прибору: электроды заземления – к клемме (–), а контактный электрод – к клемме (+). Затем контактный электрод вводится в корневую шейку дерева, на небольшом участке которой (~1 см^2) снимается кора до луба. В середину этого зачищенного участка вставляется электрод с таким расчетом, чтобы в луб и древесину погрузился его иглообразный выступ. (Возможно, для снятия шунтирующего эффекта флоэмы снимать необходимо не только кору, но и луб.) После этого на расстоянии ~ 2 м от ствола дерева с трех сторон в виде звездочки в почву вводятся электроды заземления. После нажатия на кнопочный включатель со шкалы микроамперметра снимается отсчет (отклонение стрелки от нулевого деления), обозначаемый индексом $I_р$.

В течение сезона величина $I_р$ изменяется. Это зависит от состояния влажности почвы. Чтобы исключить влияние условий увлажнения, лопатой откапывают несколько проводящих корней рядом произрастающего дерева того же вида, которое по параметрам близко к модельному. От выкопанных корней секатором или пилой отрезают три эталонных отрезка длиной 20 см. Диаметр отрезка корня должен быть равен 1/10 толщины дерева у корневой шейки (в случае первого класса возраста) и на высоте 1,3 м – у более взрослых. Этот отрезок корня (по ходу его роста) вставляется в почву вблизи ствола дерева на всю глубину (20 см), тщательно присыпается почвой, которая затем уплотняется. Верхний срез корня очищается от почвы и в его сердцевину вводится иглообразный выступ контактного электрода, предварительно извлеченный из корневой шейки дерева. Затем кнопочным включателем цепь замыкается (так как электроды заземления все время ос-

Электронный архив УГЛТУ

таются в почве), и с микроамперметра снимается отсчет $I_к$. Все три эталонных отрезка последовательно нумеруют, заземляют и определяют их проводимость, записывая значения для каждого ($I_{к1}$, $I_{к2}$, $I_{к3}$). Возможно, для более точной калибровки проводимости эталонных отрезков корней их нижние торцы необходимо изолировать от почвы, например специальной быстро твердеющей мастикой.

Для получения достоверных результатов необходимо произвести замеры у десяти модельных деревьев. Когда измеряется большое количество деревьев разного диаметра, подобрать отрезки корней одинаковой толщины (равные 1/10 толщины дерева) невозможно. Можно делать отступление на 10–15 % в ту или иную сторону от средней величины, но при этом в расчеты необходимо внести поправки, о которых будет сказано ниже.

Для дальнейших расчетов массы корней требуется знать объем каждого эталонного отрезка корня. При помощи штангенциркуля в нескольких местах отрезка корня замеряют его диаметр, вычисляют среднее значение и умножением полученной площади сечения на длину отрезка получают его объем. Расчет может быть продублирован ксилометрированием отрезков с использованием мерного цилиндра с водой. После определения объема каждого отрезка корня их высушивают в термостате при 100–105 °С и измеряют сухую массу.

Вывод формулы для расчета массы корней. Зная ЭДС батареи (E = 1,5 В) и показания микроамперметра при определении силы тока в заземленных эталонных отрезках корней ($I_к$), можно вычислить их сопротивление:

$$R_к = E/I_к. \tag{1.15}$$

Аналогично вычисляется сопротивление всей массы корней растения:

$$R_р = E/I_р. \tag{1.16}$$

При расчете $R_к$ и $R_р$ допускается элемент условности, поскольку в эти величины фактически входит и сопротивление почвогрунта. Сопротивлением батареи и микроамперметра пренебрегают, так как оно по сравнению с сопротивлением корней ничтожно мало. Удельное сопротивление корней определяется по формуле

$$\rho = (R_к \cdot S_к)/l_к, \tag{1.17}$$

после подстановки в которую выражения (1.15) получаем

$$\rho = (E \cdot S_к)/(I_к \cdot l_к), \tag{1.18}$$

где $l_к$ – длина отрезка корня, м; $S_к$ – среднее сечение отрезка, мм^2.

Зная удельное сопротивление корней, можно вычислить среднее сечение (x) всей корневой системы дерева длиной l:

$$R_р = \rho(l/x); \tag{1.19}$$

отсюда

$$x = (\rho \cdot l)/R_р. \tag{1.20}$$

Электронный архив УГЛТУ

После подстановки в (1.20) значений ρ (1.18) и $R_р$ (1.16) получаем

$$x = (S_к \cdot E \cdot I_р \cdot l)/(I_к \cdot l_к \cdot E) = (I_р \cdot S_к \cdot l)/(I_к \cdot l_к). \quad (1.21)$$

Для условной длины корней l и их площади сечения $S_к$ можно рассчитать массу корней дерева $P_р$ (г). Общий вид формулы

$$P_р = [(I_р \cdot S_к \cdot l^2)/(I_к \cdot l_к)] \cdot d, \quad (1.22)$$

где d – плотность эталонного отрезка корня.

Совершенно ясно, что растение и почва далеки от идеальной электротехнической системы. Поэтому формула (1.22) принята за основу с последующей корректировкой. Для этого массу корней у древесных пород определяли электрометрически, затем ее учитывали методом раскопок (Рахтеенко, 1963). В результате сопоставления данных был рассчитан поправочный коэффициент F (в качестве множителя). Он численно равен возрасту дерева A, деленному на 4 ($F = A/4$). Выше отмечалось, что для получения точного результата диаметр эталонного отрезка корня должен быть равным 1/10 толщины дерева. Отступления допустимы до 15 % в ту и иную сторону, но с обязательной поправкой V_0/V, где V_0 – теоретическая величина объема отрезка корня при соответствии требуемому диаметру ствола. Например, диаметр ствола дерева равен 80 см, тогда диаметр отрезка корня должен быть 8 см, а его объем – $3{,}14 \times 4^2 \times 20 = 1005$ (см^3). Фактически измеренный объем эталонного корня V, например, равен 850 см^3. В этом случае поправка на объем эталонного корня составит 1005/850 = 1,18.

С учетом поправочных коэффициентов формулу (1.22) можно записать в виде

$$P_р = (I_р \cdot S_к \cdot l^2 \cdot A \cdot d \cdot V_0)/(I_к \cdot l_к \cdot 4 \cdot 1{,}015A \cdot V). \quad (1.23)$$

После преобразования (1.23) расчетная формула примет окончательный вид:

$$P_р = (I_р \cdot P_к \cdot A \cdot V_0)/(I_к \cdot 0{,}16 \cdot 1{,}015A \cdot V). \quad (1.24)$$

При модификации (1.23) была принята условная длина корней $l = 1$ и $l_к = 0{,}2$ м, а плотность эталонного отрезка корня d заменена согласно формуле $d = P/V = P/(S_к \cdot l_к)$. Таким образом, в формуле (1.24) $P_р$ – общая масса корней, определяемая на основании электрометрических измерений, г; $I_р$ – отсчет по микроамперметру для всей корневой системы дерева, мкА; $I_к$ – отсчет по микроамперметру для эталонного отрезка корня, мкА; $P_к$ – абсолютно сухая масса эталонного отрезка корня, г; 0,16 – постоянное число; A – возраст дерева; $1{,}015A$ – коэффициент пропорциональности; V_0 – теоретический объем отрезка корня, диаметр сечения которого равен 1/10 толщины дерева, см^3; V – фактический объем эталонного отрезка корня, определяемый в полевых условиях, см^3.

Проверка метода Б.И. Якушева. В табл. 1.9 приведены полученные Б.И. Якушевым (1988) значения массы корней сосны электрометрическим методом по формуле (1.24) и путем раскопки и отмывки. Здесь же приведены данные А.А. Молчанова (1971) для естественных насаждений европейской части России, полученные методом раскопок. Они сравниваются с по-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.9

Сопоставление массы подземных органов сосны обыкновенной, полученной методами раскопок и электрометрическим, в культурах и естественных насаждениях Белоруссии (Якушев, 1988)

Возраст, лет	Размещение растений, м	Диаметр ствола, см	Абсолютно сухая масса корней дерева, г		Разница в определениях, г	Отклонение, %
			Электрометрический метод	Метод раскопок		
5	0,25×0,25	0,68	12,4	13,4	–1,0	–8,1
		0,66	7,0	7,2	–0,2	–2,8
		0,67	8,5	7,6	+0,9	+10,6
5	0,5×0,5	0,77	20,0	21,1	–1,1	–5,5
		0,75	22,7	24,2	–1,5	–6,6
		0,74	17,1	19,0	–1,9	–11,1
5	1,0×1,0	0,90	43,0	46,6	–3,6	–8,4
		1,00	71,6	70,2	+1,4	+1,9
		0,92	50,0	54,0	–4,0	–8,0
5	1,5×1,5	0,83	35,0	34,7	+0,3	+0,9
		0,76	23,9	23,8	–0,1	–0,4
		0,95	30,6	31,4	–0,8	–2,6
5	2,0×2,0	0,91	61,8	60,7	+1,1	+1,8
		0,90	42,2	42,6	–0,4	–0,9
		0,90	50,5	52,4	–1,9	–3,8
10	0,5×0,5	3,21	334	323	+11	+3,3
		2,92	210	199	+11	+5,2
		3,00	244	231	+13	+5,3
11	1,0×1,0	3,75	350	370	–20	–5,7
		4,03	451	470	–19	–4,2
		4,70	800	763	+17	+2,1
15	1,0×1,0	5,40	1200	1134	+66	+5,5
		5,85	1398	1304	+98	+7,0
		5,75	1130	1224	–94	–8,3
25	Естественные сосняки	9,9	3800	3982	–182	–4,8
50		20	16 790	18 500*	–1710	–10,2
120		40	66 490	60 300*	+6460	+9,7
200		50	83 100	72 500*	+10 600	+12,8

* По А.А. Молчанову (1971).

казателями электрометрических измерений деревьев аналогичного возраста, высоты и диаметра в условиях Белоруссии.

Б.И. Якушев (1988) полагает, что различия в определении массы корней дерева двумя методами (см. табл. 1.9) объясняются в большей мере неточностью метода раскопок. Поэтому он рассчитывает ошибку по отношению к данным электрометрических измерений, принимая их за истинные.

В 1981–1983 гг. в условиях степной зоны (Тургайский прогиб, Аман-Карагайский бор) были выполнены сравнительные исследования массы корневых систем сосны, определенной по методам И.С. Крепкого и Б.И. Яку-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.10

Сопоставление массы подземных органов сосны обыкновенной, полученной методами раскопок и электрометрическим, в культурах и естественных насаждениях Тургайского прогиба (Усольцев, Крепкий, 1984, 1986)

Возраст, лет	Происхождение*	Почвы**	Диаметр, см	Высота, м	Абсолютно сухая масса корней дерева, кг		Разница в определениях, кг	Отклонение, %
					Электрометрический метод	Метод раскопок		
8	К	Д-б	3,03	2,53	1,97	1,90	+0,07	+3,7
8	К	Д-б	2,11	2,52	0,57	0,513	+0,057	+11,1
15	К	Т-к	4,54	4,74	2,59	2,38	+0,21	+8,8
20	Е	Д-б	3,55	3,60	1,31	1,45	–0,14	–9,6
20	Е	Д-б	3,05	3,00	0,83	0,82	+0,01	+1,2
20	Е	Д-б	2,35	3,00	0,64	0,59	+0,05	+8,5
20	Е	Д-б	3,15	2,70	0,96	0,95	+0,01	+1,0
22	Е	Д-б	1,25	3,53	0,112	0,089	+0,023	+25,8
22	Е	Д-б	2,07	4,31	0,160	0,198	–0,038	–19,2
22	Е	Д-б	4,39	6,72	1,207	1,189	+0,018	+1,5
22	Е	Д-б	3,03	6,20	0,595	0,536	+0,059	+11,0
22	Е	Д-б	4,96	5,81	1,324	1,279	+0,045	+3,5
22	Е	Д-б	1,19	3,10	0,078	0,070	+0,008	+11,4
22	Е	Д-б	2,59	5,72	0,513	0,525	–0,012	–2,3
22	К	Т-к	7,66	8,20	5,65	5,64	+0,01	+0,2
22	К	Т-к	9,85	9,10	12,70	12,64	+0,06	+0,5
23	К	Т-к	11,4	10,0	16,00	15,56	+0,44	+2,8
24	К	Т-к	8,95	10,4	10,45	10,39	+0,06	+0,6
26	К	Т-к	8,36	9,80	7,62	8,21	–0,59	–7,2
40	Е	Т-к	15,5	15,0	34,16	33,70	+0,46	+1,4
42	Е	Д-б	8,00	12,0	8,00	7,80	+0,20	+2,6
42	Е	Д-б	7,56	10,9	3,86	3,90	–0,04	–1,0

* К – культуры, Е – естественные сосняки.
** Почвы: Т-к – темно-каштановые, Д-б – дерново-боровые.

шева (Усольцев, Крепкий, 1984, 1994). Была принята первая версия метода Б.И. Якушева (1972), не предусматривающая введения поправочных коэффициентов, и расчет массы корней осуществлен по простому соотношению

$$P_р = (I_р \cdot P_к)/I_к. \qquad (1.25)$$

Исследования проведены в естественных сосняках и культурах в возрасте от 8 до 42 лет, произрастающих как на дерново-боровых, подстилаемых песками, так и на зональных темно-каштановых почвах, подстилаемых глинами и суглинками. Результаты сведены в табл. 1.10, в которой ошибки рассчитаны по отношению к данным раскопок. Средние ошибки составили: случайная ±4,8 %, систематическая +0,07 %, ошибка для всех случаев 1,4 % (Усольцев, Крепкий, 1984).

Правда, сопоставление массы корневых систем дуба черешчатого в Винницкой области (Украина), определенной комплексным методом (раскопка, отмывка струей воды, взятие монолитов) и методом Б.И. Якушева

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 1.11

Соотношение массы всех корней и их тонкой фракции, полученной методами раскопки и отмывки, в культурах и естественных насаждениях сосны обыкновенной Тургайского прогиба (Усольцев, Крепкий, 1984, 1986)

Возраст, лет	Происхождение*	Почва**	Диаметр, см	Высота, м	Абсолютно сухая масса хвои, кг	Абсолютно сухая масса корней, кг		Отношение	
						Общая	Тонкие корни < 1 мм	массы тонких корней к общей	тонких корней к массе хвои
8	К	Д-б	3,03	2,53	0,546	1,90	1,50	0,79	2,75
8	К	Д-б	2,11	2,52	0,260	0,513	0,406	0,79	1,56
15	К	Т-к	4,54	4,74	0,580	2,38	1,79	0,75	3,09
20	Е	Д-б	3,55	3,60	0,221	1,45	1,18	0,81	5,34
20	Е	Д-б	3,05	3,00	0,370	0,82	0,67	0,82	1,81
20	Е	Д-б	2,35	3,00	0,054	0,59	0,48	0,81	8,89
20	Е	Д-б	3,15	2,70	0,157	0,95	0,77	0,81	4,90
22	Е	Д-б	1,25	3,53	0,010	0,089	0,062	0,70	6,20
22	Е	Д-б	2,07	4,31	0,063	0,198	0,138	0,70	2,19
22	Е	Д-б	4,39	6,72	0,415	1,189	0,828	0,70	2,00
22	Е	Д-б	3,03	6,20	0,167	0,536	0,374	0,70	2,24
22	Е	Д-б	4,96	5,81	0,425	1,279	0,891	0,70	2,10
22	Е	Д-б	1,19	3,10	0,029	0,070	0,049	0,70	1,69
22	Е	Д-б	2,59	5,72	0,103	0,525	0,366	0,70	3,55
22	К	Т-к	7,66	8,20	1,41	5,64	4,07	0,72	2,89
22	К	Т-к	9,85	9,10	2,37	12,64	9,31	0,74	3,93
23	К	Т-к	11,4	10,0	2,16	15,56	6,89	0,44	3,19
24	К	Т-к	8,95	10,4	1,82	10,39	8,18	0,79	4,49
26	К	Т-к	8,36	9,80	0,676	8,21	5,31	0,65	7,85
42	Е	Д-б	8,00	12,0	0,569	7,80	4,65	0,60	8,17
42	Е	Д-б	7,56	10,9	0,470	3,90	2,33	0,60	4,96
40	Е	Т-к	15,5	15,0	2,67	33,70	22,33	0,66	8,36

* К – культуры, Е – естественные сосняки.
** Почва: Т-к – темно-каштановая, Д-б – дерново-боровая.

(1972), показало наличие систематического 4,4 %-ного положительного смещения результатов второго по отношению к первому, а именно, в возрасте 10, 15, 20, 25, 55 и 75 лет отклонения составили +5,0; +0,7; +5,6; +5,3; +6,3; +3,5 % соответственно (Guź, 1990). Возможная причина смещений – потеря части мелких корней в струе воды, поскольку положительные смещения имели место при использовании не только метода Б.И. Якушева (1972), но и метода регрессий – в среднем на величину +5,5 % (Guź, 1990).

Приведенные выше данные позволяют рекомендовать электрометрический метод для множественных определений массы подземных органов деревьев с приемлемой точностью. В то же время необходимо отметить два недостатка этого метода.

Во-первых, невозможность учесть долю тонких корней в общей массе, определяющих продукционный потенциал растительного сообщества. Эта доля чрезвычайно изменчива (табл. 1.11) и, как уже упоминалось, в сухих условиях достигает экстремально высоких значений (Усольцев, Крепкий, 1986; Усольцев, 1988).

Электронный архив УГЛТУ

Во-вторых, в сомкнутом насаждении корневые системы имеют свойство срастаться, и вода, элементы питания и даже грибковые инфекции перемещаются от одного дерева к другому (Laitakari, 1929; Kuntz, Riker, 1956; Ovington, Madgwick, 1959a). Это свойство обнаружено у более чем 150 видов древесных растений (Крамер, Козловский, 1983). Доля сросшихся корневых систем может достигать в естественных сосняках 16 %, в 20-летних культурах сосны – 79 % (Макаренко, 1962), в 12-летних культурах дуба – 75 %, в 19-летних культурах березы – 80 % и в 14-летних культурах ясеня – 95 % (Савельева, 1969). В таких случаях масса корней, полученная электрометрическим методом, может быть существенно завышена.

Однако второй недостаток в отличие от первого в принципе устраним: для этого достаточно по данным 10–20 замеров массы корней деревьев разной величины установить зависимость I_p от диаметра ствола и представить ее в виде графика. С учетом высокой точности оценки массы корней деревьев, не сросшихся корнями, данная зависимость должна быть довольно тесной, и факт срастания легко установить по отсчету на приборе, значительно «выскакивающему» относительно графика. Соответственно в качестве модельных могут быть взяты лишь деревья, отсчеты по прибору которых находятся вблизи значений теоретической линии графика.

1.3.9. КОСВЕННЫЕ (РАСЧЕТНЫЕ) МЕТОДЫ (WHITTAKER, WOODWELL, 1968; SNOWDON, 1992; LE GOFF, OTTORINI, 2001)

Вследствие упомянутых неопределенностей, вызванных прямым измерением массы корней, в особенности тонкой фракции, иногда используют косвенные (расчетные) методы, из которых можно назвать по крайней мере два, связанных с применением: а) относительных показателей (Madgwick, 1982; Snowdon, 1992) и б) аллометрических зависимостей (Whittaker, Woodwell, 1968; Whittaker, Marks, 1975; Harris et al., 1977; Grier, Logan, 1977; Le Goff, Ottorini, 2001; Snowdon et al., 2002; и др.).

Первые попытки применения относительных показателей связаны с установлением величины *R/S*, т. е. отношения подземной (roots) фитомассы к надземной (shoots). Эта величина предполагалась стабильной и видоспецифичной, равной, например, для сосны обыкновенной 0,17, для березы повислой (бородавчатой) – 0,32 (Bray, 1963), в целом для мягколиственных пород Канады – 0,222 (Monserud et al., 2006) и лесного покрова Северной Евразии – 0,43 (Воронин, 2006).

С развитием исследований по оценке продукции корней в тех или иных конкретных условиях были выявлены обратные зависимости *R/S* от влажности почвы (Büsgen, 1901; Nihlgård, Lindgren, 1977; Kramer, Kozlowski, 1979; Chapin, 1980; Axelsson, 1981; Keyes, Grier, 1981; Brown, Lugo, 1982; Nadelhoffer et al., 1985; Murphy, Lugo, 1986); обеспеченности почвы элементами питания (Tunker, Geelhorst, 1898; Matthes, 1900 (цит. по: Büsgen, 1901); Waring, Schlesinger, 1985; Vitousek, Sanford, 1986; Vogt et al., 1987, 1995) и возраста древостоя (Казимиров и др., 1977; Зябченко, Иванчиков, 1978; Усольцев, 1988; Gerhardt, Fredriksson, 1995). В условиях избыточного увлажнения величину *R/S* значительно снижают осушение и внесение удобрений, осуществляемые как раздельно, так и одновременно (Bröms, Axelsson, 1985).

Масса тонких корней более изменчива, чем скелетных, под влиянием внешних условий, и ее доля в общей массе корней может быть не связана с

Электронный архив УГЛТУ

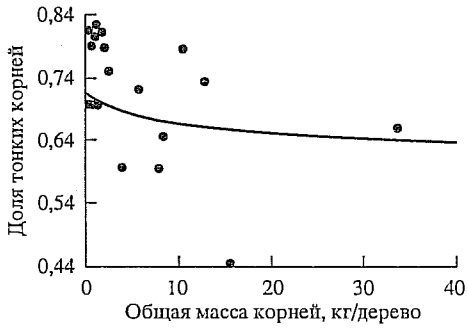


Рис. 1.33. Зависимость относительной доли тонких корней от общей массы корней модельных деревьев сосны Тургайского прогиба, описанная по уравнению $P_{thin}/P_{tot} = e^{-0,333}P_{tot}^{-0,0307}$

надземной и подземной фитомассой (Калинин, 1975). Сказанное подтверждает неудачная попытка вывести зависимость относительной массы тонких корней от общей массы для модельных деревьев сосны Тургайского прогиба, построенной по данным табл. 1.11: она оказалась статистически недостоверной (рис. 1.33), а критерий Стьюдента $t_{факт}$ для углового коэффициента регрессии равным 1,75, т. е. меньше $t_{05} = 2,00$. Однако это может быть связано с тем, что диапазон массы корней в молодняках сосны был сравнительно небольшим.

При наличии больших массивов исходных данных подобная зависимость может быть вполне адекватной. Например, для получения обобщенных показателей массы тонких корней на региональном уровне для лесного сектора Канады выводится зависимость относительной доли тонких корней от их общей массы (рис. 1.34), с использованием которой по известной общей массе корней дерева или древостоя и оценивается масса тонкой фракции (Kurz et al., 1996; Li et al., 2003). Идентичная зависимость была получена и для древостоев на глобальном уровне (Cairns et al., 1997).

Масса тонких корней связана не только со структурой и массой надземной либо подземной части, но и с видовой спецификой, эдафическими и климатическими условиями. Например, у дуба она варьирует от 1,4 % от общей массы корней в возрасте 50 лет в условиях Воронежской области (Борискина, 1959) до 18–39 % в возрасте 30 лет в Восточных Родопах в Болгарии (Бычваров и др., 1976). Различие в доле тонких корней по данным этих авторов может быть следствием того, что в первом случае использовалась методика А.Я. Орлова (1955), а во втором – И.Н. Рахтеенко (1963). Какую-то часть расхождения в оценках можно отнести на разницу в возрасте древостоев, поскольку с возрастом доля тонких корней в общей их массе может снижаться.

Последнее положение можно продемонстрировать на примере сосны обыкновенной. В

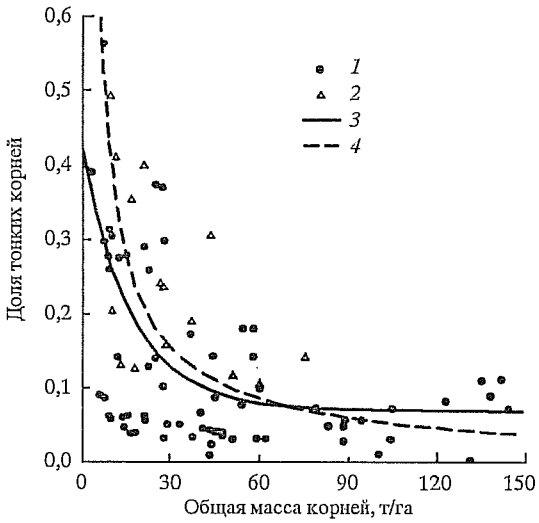


Рис. 1.34. Зависимость относительной доли тонких корней от общей массы корней для мягколиственных (*1*) и твердолиственных (2) пород лесного сектора Канады, описанная по двум разным уравнениям: *3* – Li et al., 2003; *4* – Kurz et al., 1996

Электронный архив УГЛТУ

условиях Финлянции доля тонких корней в общей подземной фитомассе у сосны в возрасте 15, 35 и 100 лет составляет соответственно 58, 32 и 14 % (Helmisaari et al., 2002). В 40-летнем сосняке Ia бонитета в Ярославской области этот показатель равен 15 % (Цельникер и др., 1993). В свежей субори на песках Саратовской области доля тонких корней у сосны обыкновенной в возрасте 16–50 лет близка к соответствующим показателям в Финляндии (25–28 %), но в условиях сухого бора в тех же сосняках она существенно возрастает и составляет 71–95 % (Будаев, 1971). К последним показателям близки наши данные для 15–40-летней сосны обыкновенной в условиях сухой степи Тургайского прогиба – 60–80 % (Усольцев, Крепкий, 1986).

Существует гипотеза, согласно которой масса тонких корней определяется лимитирующим элементом питания, и чем сильнее выражен дефицит того или иного элемента питания, тем выше масса тонких корней. Если в лесах умеренной и бореальной зон таким элементом является азот (Keyes, Grier, 1981; Aber et al., 1985; Nadelhoffer et al., 1985; Schulze et al., 1995), то во влажных тропических лесах – фосфор и (или) кальций (Gower, 1987). Соответственно и масса тонких корней связывается обратной зависимостью с доступным количеством того или иного лимитирующего элемента (Kern et al., 1961; Aber et al., 1985; Gower, 1987). Определенный вклад в подобную обусловленность несомненно вносит и упомянутая выше интенсификация микоризообразования по мере ухудшения трофности почвы.

Изложенные выше закономерности имеют отношение к проблеме смены приоритетов при распределении ассимилятов между надземной и подземной фитомассами в связи с уровнями освещенности, с одной стороны, и доступных элементов питания в почве, с другой. Согласно концепции смены приоритетов возможны две ситуации: а) много азота → световая конкуренция → повышенная надземная фитомасса относительно подземной и б) мало азота → корневая конкуренция → повышенная подземная фитомасса относительно надземной (Tilman, 1988; Rodríguez et al., 2003; Tateno et al., 2004).

Однако в отношении относительного показателя массы тонких корней есть прямо противоположное мнение – он повышается с увеличением (до некоторого предела) содержания азота, фосфора и калия в почве и наоборот (Колесников, 1962; Rodríguez et al., 2003). Кроме того, он может повышаться также с ростом концентрации CO_2 в атмосфере (Berntson et al., 1997) и снижаться как при недостатке, так и при избытке почвенной влаги (Абражко, 1983).

Аллометрические уравнения для определения массы корней могут быть нескольких видов и связывать массу корневой системы дерева в целом P_r с какой-либо размерной характеристикой ствола X (Кира, Огава, 1968; Harris et al., 1977; Bolte et al., 2004):

$$P_r = aX^b, \tag{1.26}$$

где X – диаметр ствола на высоте груди, либо видовой цилиндр D^2H, либо масса ствола. Константы a и b специфичны для каждого насаждения, но могут изменяться как в связи с эдафическими условиями, так и с возрастом. Такие уравнения могут быть предельно детерминированными, т. е. объяснять более 90 % от общего варьирования массы корней дерева. Например, несмотря на недостоверность уравнения для относительной массы тонких корней, представленного на рис. 1.33, зависимость абсолютных значений

Электронный архив УГЛТУ

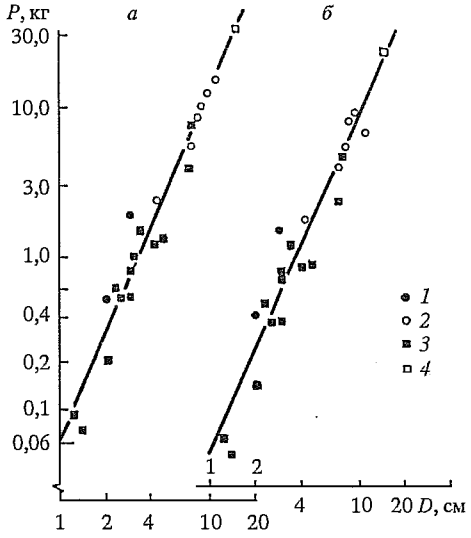


Рис. 1.35. Связь общей массы корней в абсолютно сухом состоянии (*а*) и тонкой их фракции (*б*) с диаметром модельных деревьев в сосняках различного происхождения в условиях сухой степи Тургайского прогиба на различных типах почв (Усольцев, 1988). *1* – культуры на дерново-боровых почвах, *2* – то же на темно-каштановых; *3* – естественные сосняки на дерново-боровых почвах; *4* – то же на темно-каштановых

общей фитомассы P_r и массы тонкой (< 1мм) фракции P_f (кг) от диаметра D ствола на высоте груди (см) для сосны обыкновенной в условиях Тургайского прогиба выразилась вполне адекватными уравнениями, объясняющими 93–96 % варьирования массы корней (рис. 1.35):

$$\lg_{10}P_r = -1{,}2161 + 2{,}2829 \lg_{10}D;\ R^2 = 0{,}956; \quad (1.27)$$

$$\lg_{10}P_f = -1{,}3119 + 2{,}1942 \lg_{10}D;\ R^2 = 0{,}933. \quad (1.28)$$

Аналогичные уравнения для скелетных (диаметром > 2 мм) корней ели европейской (42 модельных дерева) и бука европейского (27 модельных деревьев) в возрасте от 44 до 114 лет описаны уравнениями с коэффициентами R^2, равными соответственно 0,920 и 0,940 (Bolte et al., 2004).

Для 15 деревьев ели красной в США общая масса корневой системы P_r (г) в зависимости от диаметра ствола D (см) рассчитана по уравнению (Whittaker, Marks, 1975)

$$\lg_{10}P_r = 1{,}7583 + 2{,}1514 \lg_{10}D;\ R^2 = 0{,}970, \quad (1.29)$$

а для совокупности 20 листопадных деревьев там же – по уравнению (Whittaker, Marks, 1975)

$$\lg_{10}P_r = 1{,}7161 + 2{,}2230 \lg_{10}D;\ R^2 = 0{,}992. \quad (1.30)$$

Аллометрические уравнения могут связывать также массу отдельного корня с его диаметром нижнего среза, как, например, приведенные выше уравнения (1.5), (1.9) и (1.10) с коэффициентами детерминации около 90 % и более. В таких случаях возможно применение связанных уравнений, аналогичных (1.5)–(1.7).

М.М. Гузь (1996), получив фактические данные о массе корневых систем дуба черешчатого (183 модельных дерева в возрасте от 10 до 90 лет на 19 пробных площадях в типах леса свежая и влажная грабовая дубравы, а также 87 монолитов) по предложенному им комплексному методу, усовершенствовал аллометрический (расчетный) метод определения массы корней. Наличие обширного материала дало возможность автору, во-первых, применить многофакторный подход, включив в уравнение в качестве независимых переменных не только диаметр ствола D, но и его высоту H и

Электронный архив УГЛТУ

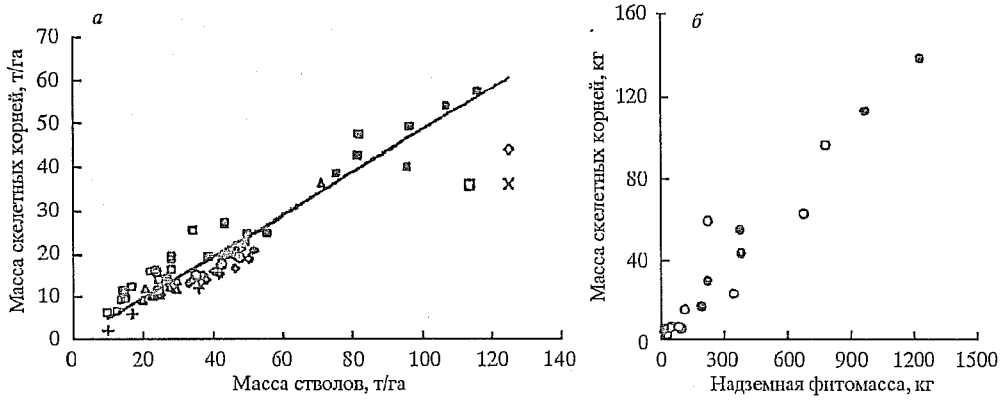


Рис. 1.36. Зависимость массы скелетных корней сосны от массы ствола (*а* – Albaugh et al., 2006) и надземной фитомассы (*б* – Vanninen et al., 1996). Пояснения см. в тексте

возраст A и, во-вторых, ввести в трехфакторное аллометрическое уравнение корректировочный член в виде двух вспомогательных уравнений для промежуточных аргументов S_1 и S_2 и получить систему связанных регрессий (правда, не подтвержденную соответствующими показателями адекватности):

$$\begin{cases} S_1 = \mathrm{f}(A, D, H) \\ S_2 = \mathrm{f}(A, D, H) \end{cases}$$

$$\downarrow \qquad (1.31)$$

$$P_{\mathrm{r}} = a_0 A^{a_1} D^{a_2} H^{a_3} \times \exp(S_1 + S_2).$$

Оценка массы корней деревьев аллометрическим методом может дать приемлемые результаты по точности оценок лишь для их скелетной части и главным образом в условиях насаждений, аналогичных тем, в которых получены исходные данные для расчета уравнений. К сожалению, осуществить эту предпосылку на практике невозможно по причине чрезвычайной изменчивости таких эдафических характеристик местообитания, как структура и плотность почвогрунта, макро- и микроморфология, влажность, порозность, доступность элементов питания и др., которые в совокупности с биологическими особенности вида в значительной мере определяют массу корневой системы и ее архитектонику, в особенности массу тонкой фракции.

На рис. 1.36 показаны зависимости массы скелетных корней от массы ствола (*а*) и надземной фитомассы (*б*). Первая зависимость построена по данным 12 литературных источников для *Pinus taeda* в США, а вторая – по данным 18 деревьев *P. sylvestris* в двух типах леса Финляндии в возрасте от 18 до 212 лет. Несмотря на довольно высокую тесноту связи, обобщающие зависимости, подобные показанной на рис. 1.36,*а*, могут использоваться лишь в ориентировочных региональных оценках, но в локальных условиях возможны существенные смещения (Albaugh et al., 2006).

Электронный архив УГЛТУ

Помимо эмпирических аллометрических зависимостей для определения массы корней, в последние годы предложены теоретические модели, основанные на принципах аллометрии (West et al., 1997, 1999; Niklas, Enquist, 2002a, б; Niklas, 2003; Robinson, 2004). Согласно теоретическим моделям, результаты большинства опубликованных эмпирических определений фитомассы корней существенно (до 40 %) занижены, поскольку при наиболее распространенном способе прямой выкопки корней теряется до 35–40 % фитомассы за счет неполного учета тонких фракций (Friend et al., 1991; Le Goff, Ottorini, 2001), потерь при сортировке (Robinson, 2004) и взятия корней не по полному профилю (Schenk, Jackson, 2002).

1.4. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ОЦЕНКОЙ ФИТОМАССЫ НАСАЖДЕНИЙ

В заключение выделим некоторые неопределенности, которых в явном или неявном виде мы уже касались выше.

В общем случае неопределенности присущи любому измерению: «По своей природе оценка является приближением» (Заде, 1974, с. 8). Комментируя принцип неопределенности Гейзенберга с кибернетических позиций, И.И. Шмальгаузен (1968) писал: «Получение всякой информации, всякое измерение требует известного минимума действий, и это связано с неустранимой неточностью самого измерения. Неопределенность в микромире неустранима, и она не допускает полного изучения отдельных явлений» (с. 196). В. Кохран (Cochran, 1977) рассматривает погрешность как величину отклонения от фактического среднего значения. Определение точности данных при повторных измерениях является гарантией их воспроизводимости. В общем случае точность экспериментальных данных обусловлена ошибками отбора проб и ошибками измерения (Manual..., 2004).

Применительно к оценке биопродуктивности насаждения ошибка определения включает в себя несколько составляющих: ошибка прибора, ошибка пользователя прибором, ошибка выборки на уровне дерева, ошибка метода пересчета продуктивности с уровня дерева на уровень древостоя, ошибка выборки на уровне древостоя и т. д., которые заслуживают отдельного рассмотрения.

Однако при оценках фитомассы на континентальном или планетарном уровнях, по крайней мере на период до базового (согласно протоколу Киото) 1990 г., считалась важной не столько точность определений, сколько согласованность и прозрачность информации о запасах фитомассы (Turner et al., 1999).

Оценкой фитомассы лесного покрова занимались и продолжают заниматься специалисты разных научных областей – лесоводы, лесные таксаторы, экологи, ботаники, почвоведы, физиологи, лесные климатологи, пирологи и даже лесные энтомологи. Хотя исследователь, делающий первые оценки биопродуктивности лесных насаждений в данном экорегионе, вероятнее всего, закладывает пробные площади в наиболее распространенных типах леса, подобный спонтанный процесс подбора пробных площадей несовместим с системным подходом. Насаждения пробных площадей не только должны быть репрезентативными, т. е. типичными для данного экорегиона, но и должны закладываться по градиентам трех основ-

Электронный архив УГЛТУ

ных ортогональных массообразующих факторов: возраст, добротность местопроизрастания и плотность стояния деревьев (полнота). Следовательно, от спонтанного процесса подбора пробных площадей необходимо перейти к скоординированному последовательному процессу на основе планирования пассивного эксперимента (Налимов, 1971). В качестве примера можно назвать схему «креста», использованную Н.И. Казимировым и Р.М. Морозовой (1973).

Из-за сложности морфоструктуры насаждений и трудоемкости определения их фракционной структуры в единицах абсолютно сухой массы в основе процесса оценки биологической продуктивности лежит выборочный учет, и формирование выборок осуществляется на трех последовательных уровнях: 1) насаждение, репрезентативное для данной совокупности; 2) модельные деревья, репрезентативные для всей их совокупности в древостое; 3) навески (образцы) фитомассы, репрезентативные для основных фракций дерева. Существует проблема надежности оценок, которая заключается в необходимости определения точности выборочного учета на каждом из трех упомянутых уровней (насаждение → дерево → навеска фитомассы), а также оценке точности, совокупной по всем уровням.

Из-за трудоемкости фракционирования, взвешивания и сушки фракций фитомассы дерева, а также преобладания сложных многовидовых насаждений над простыми моновидовыми фитомасса насаждений на 1 га определяется с применением унифицированных аллометрических зависимостей, специфичных для данной древесной породы в том или ином регионе (Petráš et al., 1985; Ruark et al., 1987; Le Goff, Ottorini, 1996; Bartelink, 1996, 1997; Parresol, 1999; Widlowski et al., 2003; Jenkins et al., 2004; Zianis, Mencuccini, 2004; Wirth et al., 2004), однако область использования таких зависимостей устанавливается произвольно, без оценки возможных смещений в локальных условиях. Исследование К. Кеттерингса с соавт. (Ketterings et al., 2001), посвященное снижению неопределенности при использовании аллометрических моделей для оценки фитомассы древостоев, является одним из редких исключений в этой ситуации.

Дж. Чейв с соавт. (Chave et al., 2004) рассматривают четыре типа неопределенностей, которые последовательно накапливаются по соответствующим четырем этапам определения надземной фитомассы древостоя (рис. 1.37): 1) ошибки при обмерах и определении фитомассы дерева; 2) ошибка выбора или расчета аллометрической зависимости фитомассы от размера дерева; 3) неопределенность выборочного учета, связанная с размером пробной площади; 4) репрезентативность совокупности пробных площадей на фоне многообразия древостоев данного лесного ландшафта или экорегиона.

Указанные авторы исследовали возможность снятия этих неопределенностей на покрытой лесом площади размером 50 га в районе Панамского канала с помощью данных для 45 пробных площадей размером 1 га, заложенных на территории Центральной Панамы. Они установили, что наибольшая ошибка связана с выбором аллометрической модели фитомассы.

В исследование биологической продуктивности лесов постепенно вовлекаются смежные области знания, что вносит путаницу в терминологию. Поэтому необходим приемлемый понятийно-терминологический

Электронный архив УГЛТУ

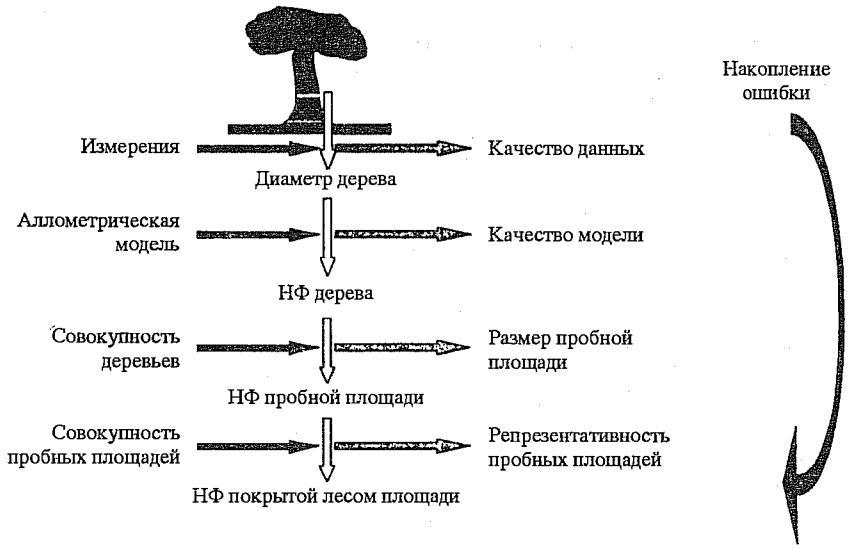


Рис. 1.37. Схема накопления ошибки по четырем последовательным этапам определения надземной фитомассы (НФ) древостоя в тропическом лесу (Chave et al., 2004)

стандарт. Из области лесоводства и лесной таксации в биопродукционное направление переместилась неопределенность с такими ключевыми терминами, как производительность, продуктивность, прирост и др., которые разные авторы трактуют по-своему; внесли свою лепту и лесные экономисты.

Сегодня продолжается использование понятий *поток веществ и энергии* и *круговорот веществ и энергии* в лесном биогеоценозе в качестве равнозначных. Второе понятие находится в противоречии со вторым законом термодинамики, поскольку в действительности лишь вещества (азот, углерод и зольные элементы) участвуют в круговороте, а энергия приходит в биосферу извне, фиксируется в органике и затем рассеивается (Хильми, 1975). Носителем энергии является связанный в растительности углерод, а не возвращенная в атмосферу его двуокись. Атмосферный углерод возвращает свой энергетический статус лишь за счет внешней энергии, потребляемой в процессе фотосинтеза. Применение первого термина вполне правомерно, так как интенсивность потока веществ и энергии определяет продукционный потенциал лесного фитоценоза.

До сих пор не установлен объем понятий *надземная* и *подземная фитомасса*, т. е. неизвестна граница раздела фитомассы дерева на надземную и подземную, которая бы легко определялась визуально, с максимальным приближением к точке гипокотиля. С этим связана и неопределенность принятого во всем мире понятия *диаметр ствола на высоте груди*; эта высота в разных странах варьирует от 1,3 до 1,5 м, однако при этом не говорится, от какого уровня отмерять названное расстояние. Поэтому результаты таксации деревьев на корню и их сортиментации несовместимы.

Продолжаются также дискуссии о разграничении понятий *консумент* и *редуцент* (Дубровский, Петрусенко, 1984).

Электронный архив УГЛТУ

Несмотря на довольно длительную историю изучения биологической продуктивности лесов, до сих пор нет стандарта по процедуре выборочного учета и фракционированию фитомассы. Например, определение массы тонких корней без их деления на живые и мертвые на ранних этапах исследования (Базилевич, Родин, 1968), а также отнесение в категорию тонких корней корневых окончаний с разным предельным диаметром (от 1,0 до 5,0 мм) практически исключают возможность их сравнительного анализа. Конечно, полную унификацию методических алгоритмов работы на пробных площадях обеспечить невозможно, поскольку методика должна учитывать региональную специфику лесных экосистем и не может быть единой, например в тропиках и бореальной зоне. Тем не менее, несмотря на различие в методических подходах, должна обеспечиваться региональная и биомная сопоставимость результатов.

Известно, что сроки окончания сезонного роста ассимиляционного аппарата и отложения прироста в структурных элементах дерева разные, а оцениваются все компоненты модельного дерева на пробной площади одновременно. Необходимо оптимизировать сроки отбора модельных деревьев таким образом, чтобы минимизировать возможные смещения, обусловленные разновременностью сезонного роста разных компонентов фитомассы, либо разработать систему корректировочных коэффициентов с учетом видовых и региональных фенологических особенностей. Последнее особенно актуально в связи с выявленными климатически обусловленными сдвигами фенологических фаз и темпов роста деревьев (Kramer, 1996; Tingey et al., 2000; Уткин, 2001; Голубятников, Денисенко, 2001).

Сохраняется проблема нехватки информации и методического обеспечения по определению биопродуктивности нижних ярусов и генеративных органов, и в региональных расчетах первого приближения приходится, полагаясь на их незначительную долю в общей продуктивности, ограничиться экспертными оценками с вводом соответствующих корректировочных коэффициентов.

В целом оценки массы корней и надземной фитомассы древостоев несопоставимы по сложности. Поэтому часто применяют способ определения массы корней на основе относительных показателей, в частности отношения подземной фитомассы к надземной (R/S). Однако попытка выявить какие-либо зависимости R/S от комплекса абиотических и биотических факторов на глобальном уровне не увенчалась успехом (Cairns et al., 1997). При анализе 165 определений R/S древостоев в диапазоне от 0,05 до 0,70, полученных на суходолах в 25 странах шести континентов в зависимости от надземной фитомассы, возраста древостоев, географической широты местности, типа почв, температуры, количества осадков и их отношения не выявлено достоверной зависимости R/S ни от одного из перечисленных факторов. Не найдено достоверной зависимости от климатической зоны (от бореальной до тропиков), типа растительности (вечнозеленые, листопадные и др.) и типа почв с использованием базы данных из 115 определений и для несколько иного относительного показателя – доли корней в общей фитомассе насаждений $R/(R + S)$ (Vogt et al., 1996).

Одна из причин подобной неопределенности, возможно, кроется в том, что под воздействием разных лимитирующих факторов значения R и S изменяются в разных направлениях. Например, в условиях световой

Электронный архив УГЛТУ

конкуренции приоритет в росте имеет надземная фитомасса, а при нехватке элементов питания в почве – подземная (Rodríguez et al., 2003; Tateno, 2004).

Вторая причина может состоять в том, что закономерности формирования скелетных и тонких корней совершенно разные: морфология скелетных корней отражает состояние дерева в целом, и их масса в той или иной степени коррелирует с надземной фитомассой, в том числе массой ствола (Востриков, 1940; Калинин, 1975), а масса тонких корней более изменчива под влиянием внешних условий, и ее доля в общей массе корней, варьируя, например, у сосны обыкновенной от 14 до 95 % (Будаев, 1971; Усольцев, 1988; Helmisaari et al., 2002), может быть не связана с надземной и подземной фитомассой (Калинин, 1975).

Электронный архив УГЛТУ

Глава 2

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НАСАЖДЕНИЙ

Первичная биологическая продукция является наиболее важной количественной характеристикой биопродукционного процесса. В отличие от общего понятия *продуктивность*, определяющего способность растительного сообщества продуцировать органическое вещество, *продукция* – это конкретная числовая мера интенсивности продукционного процесса (Программа-минимум..., 1967; Гортинский, Карпов, 1973). При современных расчетах биосферного углеродного цикла, особенно интенсивных после подписания протокола Киото, продукция наземных растительных сообществ подразделяется на четыре категории: *общая первичная* (*GPP*), *чистая первичная* (*NPP*), *чистая экосистемная* (*NEP*) и *чистая биомная* (*NBP*) (рис. 2.1).

Под общей, или валовой, первичной продукцией (*GPP*) понимается общее количество вещества, создаваемое в процессе фотосинтеза на единице площади в единицу времени. Чистая первичная продукция (*NPP*) представляет собой конечный результат процессов фотосинтеза (*GPP*) и дыхания автотрофов (R_a), т. е. разность между общей продукцией и потерями на дыхание: $NPP = GPP - R_a$. И продукция фотосинтеза, и потери на дыхание определяются физиологическими методами (Waring, Schlesinger, 1985) на уровне отдельного листа или какой-то части дерева. На экосистемном уровне *GPP*, как и потери на дыхание, нельзя измерить непосредственно (Ryan, 1991), ибо это связано со значительными неопределенностями (Ryan et al., 1996; Roxburgh et al., 2005). Хотя для сравнительно простых в структурном отношении тундровых экосистем имеется опыт оценки *NEP* по разности *GPP* и валового (авто- и гетеротрофного) дыхания (Замолодчиков, 2003).

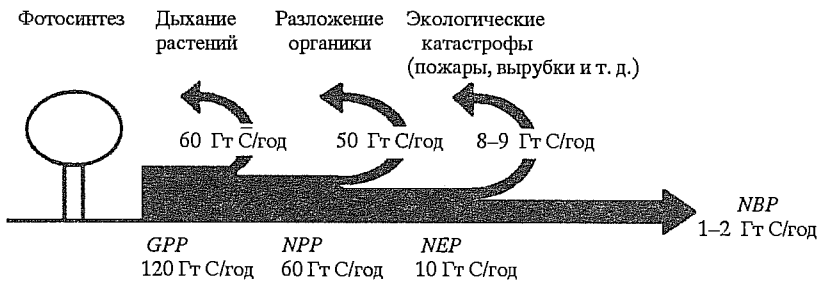


Рис. 2.1. Соотношение различных категорий глобальной годичной продукции в наземных растительных сообществах (Mohren, 1998; Mollicone et al., 2003; Schulze et al., 2004). Пояснения см. в тексте

Электронный архив УГЛТУ

Альтернативой является определение *NPP* таксационными методами на пробных площадях, когда учитывается приращение фитомассы за конкретный промежуток времени (Гортинский, Карпов, 1973; Clark et al., 2001) и доля *NPP* в *GPP* на региональном уровне достаточно стабильна (Scurlock et al., 1999). Для разных фракций фитомассы и разных ярусов насаждений *NPP* оценивается с различной степенью сложности и точности. Наиболее просты и доступны методы оценки биологической продукции стволов и листвы, наиболее сложны и проблематичны – продукции ветвей и корней.

Чистая экосистемная продукция (*NEP*) – это разность между чистой первичной продукцией и результатом разложения органики, т. е. дыханием гетеротрофов почв (R_h): $NEP = NPP - R_h$, или, что одно и то же, разность между валовой первичной продукцией и суммарным дыханием растительности (автотрофов) и гетеротрофов почв ($R = R_a + R_h$), т. е. $NEP = GPP - R$. Величина *NEP* может быть как положительной, так и отрицательной. Например, для 15 лесных экосистем Европы установлено варьирование значений *NEP* от +6,6 до –1 т С на 1 га в год (Valentini et al., 2000).

Величиной, адекватной *NEP*, является чистый экосистемный баланс *NEE* (net ecosystem exchange) и $NEP = NEE$, но с обратным знаком. Дело в том, что если $NEP > R$, то в экосистеме идет накопление углерода, и баланс в ней положительный. В терминах атмосферы накопление углерода в экосистеме означает нетто-поглощение (нетто-сток) его из атмосферы, и величина $NEP = NEE$ имеет отрицательный знак (Кобак, 1988). Поэтому, когда исследуется продуктивность экосистемы, все величины продукции на рис. 2.1 имеют положительный знак. При анализе углеродного баланса атмосферы эти же величины употребляются со знаком минус, и вместо чистой экосистемной продукции *NEP* используется понятие чистого экосистемного углеродного баланса *NEE*. В этом случае в приведенном выше примере *NEE* варьирует от +1 до –6,6 т С на 1 га/год.

Чистая биомная продукция (*NBP*) – это разность между чистой экосистемной продукцией и потерями органического вещества вследствие экологических катастроф (пожары, вырубка лесов, гибель от болезней и поражения насекомыми и т. п.). На глобальном уровне *NBP* составляет совершенно незначительную величину по отношению к *GPP* и *NPP*: 1–2 (Mohren, 1998) либо 2±1 (Valentini et al., 2000) Гт С/год. Согласно последним оценкам углеродного бюджета наземных экосистем России (Столбовой и др., 2004), величины *NPP* и *NBP* равны соответственно 4354 и 340 млн т/год.

Определение годичной продукции последних двух категорий (*NEP* и *NBP*) выполняется обычно на региональном и глобальном уровнях. Здесь мы остановимся лишь на второй категории – чистой первичной продукции (*NPP*) насаждений, оцениваемой на пробных площадях. Дебора Кларк с соавт. (Clark et al., 2001) дают блок-схему компонентов первичной продукции лесного насаждения (рис. 2.2), имеющихся в наличии (*а*) и подлежащих измерению (*б*), и анализируют методические аспекты по каждому из блоков. Структура *NPP* на этой схеме имеет всеобщий характер, но анализ методических приемов по каждому блоку выполнен ими с учетом специфики тропических дождевых лесов, поэтому для бореальных лесов Северной Евразии рекомендации авторов во многом неприемлемы.

Методы определения первичной продукции деревьев и насаждений, основанные на измерениях их фитомассы, подразделяются на две группы (Tadaki

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 2.2. Компоненты первичной продукции лесного насаждения, имеющиеся в наличии (*а*) и подлежащие измерению (*б*) (Clark et al., 2001)

et al., 1970; Гортинский, Карпов, 1973; Satoo, Madgwick, 1982): в первом случае их продукция определяется *в режиме реального времени* роста насаждения, а во втором оценивается *ретроспективно*, т. е. по годичным кольцам образцов древесины стволов, ветвей и корней с последующим расчетом относительных приростов (отношений годичного прироста стволов, ветвей, корней, хвои к общей массе фракции) и экстраполяцией последних на дерево и древостой.

В общем случае расчет выполняется согласно соотношению (Программа-минимум..., 1967)

$$NPP = \Delta P + \Delta L + \Delta G, \qquad (2.1)$$

где NPP – первичная (чистая) продукция общей фитомассы насаждения за период A_2–A_1. Для методов первой группы ΔP – разность значений общей фитомассы насаждения, измеренной в моменты A_1 и A_2; ΔL – опад (естественное отмирание) общей фитомассы, а ΔG – фитомасса, потребленная консументами за тот же период. Иными словами, первичная продукция определяется путем взятия выборок фитомассы насаждения на пробной площади в начале и конце исследуемого периода.

Электронный архив УГЛТУ

В случае методов второй группы ΔP – фитомасса, вновь произведенная насаждением за период A_2–A_1; ΔL – опад не всей фитомассы, а лишь той ее части, которая произведена насаждением за период A_2–A_1; ΔG – фитомасса, потребленная консументами из той ее части, которая произведена насаждением за период A_2–A_1. В данном случае первичная продукция определяется обычно путем ретроспективных измерений прироста ствола, ветвей и корней по объему (и затем – по массе) и оценкой доли массы хвои текущего года в общей ее массе (Tadaki et al., 1970; Satoo, Madgwick, 1982).

В соотношении (2.1), как правило, остается не учтенной часть фитомассы, включающая опад крон, отпад стволов и корней и массу, изъятую консументами, т. е. пошедшую на корм насекомым и животным. На величину этой компоненты, трудно поддающейся учету, различаются первичная продукция и текущий прирост фитомассы. Обычно этой разницей в соотношении (2.1) пренебрегают в предположении, что она в течение года достаточно мала, и в этом случае определяют *видимую первичную продукцию* как *фактическую*, отождествляя ее с *текущим приростом фитомассы* (Satoo, Madgwick, 1982). Тогда общий прирост фитомассы насаждения NPP равен сумме приростов составляющих насаждение фракций:

$$NPP = NPP_s + NPP_b + NPP_f + NPP_r, \qquad (2.2)$$

где NPP_s, NPP_b, NPP_f и NPP_r – годичный прирост соответственно стволов, ветвей, листвы и корней.

Поскольку валовый (наличный) показатель той или иной фракции фитомассы вычислить несопоставимо проще, чем его годичный прирост, то на небольших образцах (навесках) определяют *относительный прирост* (отношение абсолютной величины прироста того или иного показателя к абсолютной величине самого показателя) и затем по известной величине последнего для всего дерева по пропорции рассчитывают прирост показателя для дерева в целом.

Отождествление первичной продукции с текущим приростом фитомассы согласно (2.2) в отношении компоненты NPP_r приемлемо лишь для фракций скелетных корней диаметром более 1 мм. Для тонких (сосущих) корней, сезонный отпад которых может превышать наличную фитомассу, текущий прирост, как будет показано ниже, может составлять незначительную часть первичной продукции и даже принимать отрицательное значение.

2.1. МЕТОДЫ ПЕРВОЙ ГРУППЫ

Рассмотрим особенности применения методов первой группы при оценке первичной продукции древесной части фитомассы (стволов, ветвей и корней) на примере 11-летнего насаждения *Castanopsis cuspidata* (Tadaki, 1965). На пробной площадке размером 2,0×2,5 м было срублено, фракционировано и взвешено 21 дерево. Общая суммарная масса стволов, ветвей и корней всех деревьев в абсолютно сухом состоянии составила 58,8 т/га. Полученные значения фитомассы аппроксимировали аллометрической зависимостью

$$\log P = 0{,}9454 \log D^2H + 1{,}6532, \qquad (2.3)$$

Электронный архив УГЛТУ

где P – суммарная масса ствола, ветвей и корней дерева, г; D – диаметр ствола на высоте груди, см; H – высота дерева, м. Путем подстановки в (2.3) значений D и H срубленных деревьев была рассчитана их фитомасса P, а после суммирования полученных расчетных значений определена общая фитомасса, составившая 59,3 т/га. Расхождение между фактическим и значением, полученным по регрессионному методу, составило 0,8 %.

Прирост фитомассы древесной части насаждения за последний год был определен как ее разность между значениями, рассчитанными для текущего и предшествующего годов. Для оценки фитомассы насаждения предыдущего года у срубленных деревьев в результате анализа стволов замерены диаметры без коры (d) и высоты, которыми они характеризовались год назад. Поскольку в уравнение (2.3) входит диаметр в коре, то при расчете фитомассы предыдущего года для обеспечения пригодности (2.3) диаметры стволов предыдущего года с учетом коры получены по уравнению

$$D = 1{,}064d + 0{,}053. \qquad (2.4)$$

Фитомассу древесных фракций всех срубленных деревьев, имевшую место год назад, рассчитали по (2.4) и (2.3). Путем суммирования получено значение 45,2 т/га. Таким образом, первичная продукция древесной части насаждения составила 59,3 – 45,2 = 14,1 т/га. Подобный подход может быть применен и при раздельном учете массы стволов, ветвей и корней.

Следует отметить, что в данном случае метод был реализован в молодом насаждении на небольшой площади, где были взвешены не модельные, а все растущие деревья. Тем самым исключалась ошибка выборки, что и обусловило незначительное смещение в оценке фитомассы (0,8 %). Кроме того, метод основан на предположении, что за год не отпало ни одного дерева.

Модификация этого метода была применена на 16 пробных площадях, заложенных в сомкнутых разновозрастных смешанных твердолиственных древостоях в Аппалачах (Bolstad et al., 2001). У всех деревьев на нескольких круговых площадках были замерены диаметры и высоты на текущий год и взяты керны для определения диаметров 10 лет назад. Для каждой площадки рассчитали зависимости высот деревьев от их диаметров и путем их табулирования по значениям диаметров на начало 10-летнего периода получены значения соответствующих высот деревьев. С использованием региональных аллометрических уравнений зависимости фракционного состава фитомассы деревьев от их высоты и диаметра рассчитали запасы фитомассы на единице площади на начало и конец 10-летнего периода, а по их разности определили прирост за 10 лет и среднепериодический годичный по массе стволов и ветвей. Количество деревьев в данном случае на начало и конец периода оставалось стабильным, т. е. за 10 лет не отпало ни одного дерева.

Подобный подход С. Гоуэр с соавт. (Gower et al., 1997) применили для оценки первичной продукции в осиновых, сосновых и еловых древостоях Канады. Разница состояла лишь в том, что на начало и конец 10-летнего периода получали величины только диаметров, и среднепериодический прирост за 10 лет рассчитывали по уравнениям, включающим диаметры стволов на высоте груди. Аналогичный метод использовал в своих исследованиях лесных экосистем на Тихоокеанском Северо-Западе США Г. Гольц (Gholz, 1982), принимая период осреднения прироста фитомассы равным 5 годам.

Электронный архив УГЛТУ

Во всех рассмотренных выше примерах применяли обобщенные (региональные) уравнения для подеревной оценки фракционного состава фитомассы. Однако специальными исследованиями (Satoo, 1966; Уткин, 1975) установлено, что константы таких уравнений даже в пределах одного возраста данной породы варьируют от древостоя к древостою, давая существенные смещения в каждом конкретном случае.

Следует отметить, что полное отсутствие отпада стволов в течение 10 лет – достаточно редкое явление. Видимо, в данном случае это было связано с климаксовым состоянием лесного сообщества. В действительности недоучет нескольких отпавших, пусть даже самых малых деревьев, в расчете на 1 га приводит к смещению оценки первичной продукции. При этом методе совершенно не обязательно, что константы оценочного уравнения одни и те же как для момента A_1, так и для момента A_2. Смещение констант может быть обусловлено изменением конкурентных отношений между деревьями с течением времени и, как следствие, – относительным изменением размеров крон. Кроме того, место модельного дерева в ряду распределения деревьев данной ступени толщины в разные моменты разное и имеет случайный характер. И хотя диапазон варьирования фитомассы (или остаточная дисперсия регрессии) в ступени несопоставимо меньше общей дисперсии, изменение констант уравнений в связи с «дрейфом» модельного дерева в пределах остаточной дисперсии фитомассы данной ступени толщины имеет также случайный характер.

Применительно к насаждениям старших возрастов точная оценка первичной продукции путем повторных измерений на одном и том же объекте практически невозможна по разным причинам (Satoo, Madgwick, 1982). Во-первых, после первого взятия моделей изменяются условия роста оставшихся деревьев, что ведет к смещению оценок при повторном взятии моделей из их числа. Этот недостаток пытаются устранить, отбирая модельные деревья на территории, прилегающей к пробной площади. Однако ошибка определения фитомассы на пробной площади довольно велика, а величина прироста по отношению к фитомассе, особенно в спелых насаждениях, несопоставимо мала.

Обычна ситуация, когда периодическая рубка моделей на пробной площади невозможна, за исключением финальной. В этом случае на момент последних замеров в возрасте A_2 срубают модельные деревья, при взвешивании определяют их фракционный состав и рассчитывают аллометрические регрессионные уравнения

$$p_i = aD^b, \tag{2.5}$$

где p_i – масса i-й фракции дерева, кг, а затем регрессионным методом определяют фитомассу насаждения P_2.

Трудности возникают при расчете фитомассы насаждения P_1 в предшествующий момент A_1. Структура насаждения с возрастом постепенно изменяется, и поэтому запас фитомассы в возрасте A_1 не может быть достаточно надежно определен по количественным соотношениям (2.5) между линейными размерами и массой фракций, которые имеют место в возрасте A_2 (Satoo, Madgwick, 1982).

На рис. 2.3 показано изменение фитомассы в течение года, определенной недеструктивным методом в 21-летнем насаждении сосны густоцветной

Электронный архив УГЛТУ

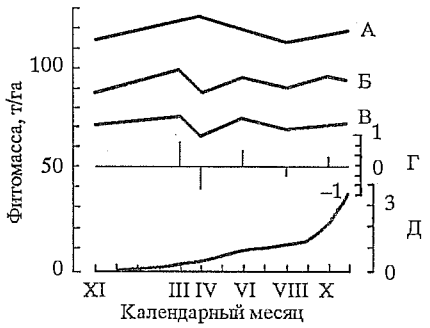


Рис. 2.3. Сезонная динамика общей (А), надземной (Б) и стволовой (В) фитомассы, изменения надземной фитомассы (Г) и массы опада нарастающим итогом (Д) в 21-летнем насаждении сосны густоцветной (Satoo, 1971)

(*Pinus densiflora*). Фитомассу рассчитывали путем периодических перечетов по диаметру всех деревьев на пробной площади с последующим использованием уравнения (2.5), константы которого рассчитывали по модельным деревьям, взятым вне пробной площади одновременно с перечетами. Изменения фитомассы в некоторые месяцы были отрицательными, хотя масса опада монотонно нарастала в течение сезона (см. рис. 2.3), и ее отрицательные изменения были бы абсурдными.

Поедаемую консументами фитомассу не оценивали, однако нет оснований полагать, что она была достаточно велика, чтобы вызвать отрицательные изменения фитомассы. Чистая продукция надземной фитомассы за период с ноября 1967 г. по ноябрь 1968 г. составила 7,7 т/га, в то время как значение, полученное за тот же период деструктивным методом, т. е. путем рубки модельных деревьев на пробной площади в начале и конце периода, – около 16,0 т/га. Поскольку при обоих методах не может быть учтен сезонный отпад тонких корней, то оба результата фактически занижены, в данном случае на величину неизвестного отпада.

В подобном расхождении результатов, полученных деструктивным и недеструктивным методами, Т. Сато и Х. Мэдгвик (Satoo, Madgwick, 1982) видят недостаток последнего, поскольку основная площадь и прилегающая к ней территория неидентичны по структуре и условиям роста. Возможно, что это расхождение вызвано также недоучетом отпавших за год деревьев. Тем не менее описанный метод был успешно применен в тропическом дождевом лесу (Kira et al., 1967).

2.2. МЕТОДЫ ВТОРОЙ ГРУППЫ

2.2.1. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ СТВОЛОВ

Для древесных частей дерева прирост можно определить путем их «расчехления» по годичным кольцам. Сюда входит расчет объемов стволов в моменты времени A_1 и A_2 и перевод полученного по их разности объемного прироста в единицы массы умножением на базисную (условную) плотность древесины, приросшей за данный период.

Обычно используют пробные выпилы толщиной 2–4 см, взятые вдоль по стволу через 1 или 2 м, или по его относительным высотам. В двух взаимно перпендикулярных направлениях измеряются диаметры в коре и без коры в момент времени A_2, а также диаметры в момент времени A_1, т. е. за вычетом годичных колец исследуемого периода. Для молодых культур принимается интервал времени A_2–A_1, равный одному году, а для естественных насаждений и старовозрастных культур – от 2 до 5 лет.

Электронный архив УГЛТУ

Есть несколько формул для перевода линейных измерений в показатели объема, и одна из них следующая:

$$V_n = a(g_n + g_{n+1})/2, \quad (2.6)$$

где V_n – объем n-го отрезка ствола; g_n и g_{n+1} – площади сечения верхнего и нижнего отрезков ствола; a – длина отрезка ствола. Для вершинки применяется формула конуса.

Из формулы (2.6) следует, что прирост объема и массы отрезка ствола пропорционален приросту площади сечения. Поскольку плотность древесины изменяется вдоль по стволу и от центра к периферии ствола (Hirai, 1947; Полубояринов, 1976а), необходимо при определении прироста массы ствола брать образцы древесины из зоны прироста для измерения ее плотности и вводить корректировочный коэффициент, учитывающий увеличение плотности древесины от центра к периферии ствола (Satoo, Senda, 1958; Антонов, 1980).

2.2.2. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ КОРЫ СТВОЛОВ

Для определения прироста коры метод, подобный описанному для древесины ствола, обычно не применяется. Исключение составляют лишь случаи особо благоприятных условий для измерения площади сечения пробки и луба, имеющих место, например, в 15-летних культурах сосны обыкновенной, где названные приросты вполне распознаваемы. В подобных случаях прирост коры рассчитывается как суммарный объемный прирост пробки и луба, пропорциональный приросту их площадей сечения, умноженный на соответствующие показатели базисной плотности, определяемые по взятым образцам пробки и луба (Антонов, 1980).

При четкой идентификации годичных колец флоэмы годичный прирост массы коры можно вычислить также по относительному объемному приросту коры и ее общей массе (Уткин, 1975). Но обычно прирост массы коры рассчитывается пропорционально годичному приросту массы стволовой древесины (Уткин, Дылис, 1966; Молчанов, Смирнов, 1967; Родин и др., 1968; Newbould, 1970; Whittaker, Woodwell, 1971).

2.2.3. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ВЕТВЕЙ

Применив метод, аналогичный методу «расчехления» ствола (Forward, Nolan, 1961), можно найти прирост ветвей по площади сечения или объему. Предварительно ветви сортируются по порядкам ветвления либо по ступеням толщины, измеряются их длина и возраст, затем они взвешиваются. Прирост массы ветвей рассчитывается пропорционально их приросту по площади сечения за последние 5 или 10 лет (Программа и методика..., 1974; Scarascia-Mugnozza et al., 2000). Однако подобный метод трудно осуществим из-за сложной схемы ветвления кроны и наличия очень узких и многочисленных выпадающих годичных колец (Ogawa, 1977).

Ветви состоят из двух разных частей – побегов текущего года и ветвей прошлых лет. Последние включают приросты как текущего года, так и предыдущих лет. Соответственно различаются и методы оценки продукции двух фракций. Побеги текущего года полностью представлены первичной

Электронный архив УГЛТУ

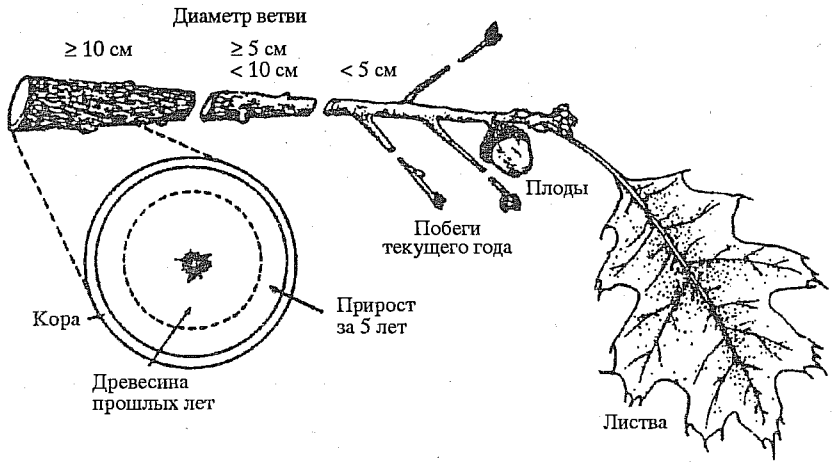


Рис. 2.4. Схема деления модельной ветви дуба на фракции (Weaver, 1976). Пояснения см. в тексте

продукцией, но возможно ее занижение в случае продолжающегося роста в конце сезона. Ветви толщиной менее 5 см делятся по ступеням толщины, и от каждой берутся выборки для измерения диаметра сечений и радиального прироста последнего года. По этим замерам рассчитывают относительный прирост ветвей по площади сечений, умножая который на сухую массу всех ветвей данной ступени получают первичную продукцию. Для ветвей толщиной более 5–10 см первичная продукция определяется по аналогии со стволом (рис. 2.4), т. е. путем деления на отрезки и «расчехления» последних (Satoo, 1968). Эта процедура может быть применена либо ко всей кроне, либо к кроне, предварительно разделенной на секции вдоль по стволу.

Подобное деление рекомендовано Л. Е. Родиным с соавт. (1968) со взятием 2–3 средних модельных ветвей из каждой трети кроны. Обезлиственная ветвь (без коры) взвешивается, измеряется ее длина за вычетом прироста текущего года и из середины ветви выпиливается цилиндрик для определения объемного прироста по простой формуле Губера. Предполагается, что прирост по объему ветвей пропорционален приросту по массе. Текущий прирост массы коры ветвей рассчитывается по приросту массы их древесины с использованием соотношения масс древесины и коры во взятых цилиндриках.

Г. Антонов (1980) в 15-летних культурах сосны обыкновенной в Болгарии определял прирост скелета кроны как сумму приростов отдельных ветвей. Последние находили по разности массы древесины и коры в одноименных секторах (междоузлиях) последовательных пар соседних мутовок.

Для определения годичного прироста массы ветвей перспективными могут оказаться результаты исследования структуры кроны ели (Цельникер, 1994; Цельникер и др., 2000). Автором получена последовательность уравнений, характеризующих зависимости диаметра от длины ветви (R = 0,99), длины дочернего сегмента (междоузлия) ветви и числа ответвлений на нем от длины материнского сегмента (R = 0,95), удельной массы линейного годичного прироста (г/см) от диаметра ветви (R = 0,98). Эти зависимости ока-

Электронный архив УГЛТУ

зались инвариантными по порядкам ветвления и общей морфоструктуре крон деревьев (т. е. соответствовали принципам самоподобия и пайп-модели), а их совокупность позволяет выполнить расчет годичного прироста массы скелета кроны дерева.

Чаще применяют несколько упрощенные варианты рассмотренных выше методов. Например, по значениям радиального прироста модельной ветви, взятой из средней мутовки, рассчитывают ее объемный прирост, объем ветви определяют ксилометрическим методом, а затем по относительному объемному приросту и общей массе всех ветвей, установленной прямым взвешиванием, рассчитывают прирост массы ветвей кроны (Каменецкая, 1970). Либо делят все ветви по ступеням толщины, взвешивают, а затем измеряют диаметры у основания ветвей, взятых в качестве модельных от каждой ступени толщины, «восстанавливают» по этим же сечениям годичный прирост диаметра и по относительному приросту суммарной площади сечений ветвей рассчитывают относительный прирост их массы (Scarascia-Mugnozza et al., 2000).

В качестве модификации метода можно рассматривать также определение годичного прироста массы скелета кроны у сосны по мутовкам, у которых взвешивают массу побегов текущего года и суммируют с годичным приростом остальной части ветвей, который рассчитывают путем деления массы ветвей мутовки на возраст последней (Прохоров, Горчаковский, 1986). Похожий метод использовали Х.-С. Хельмисаари с соавт. (Helmisaari et al., 2002) в сосняках Финляндии с тем отличием, что оценка прироста осуществляется по модельным ветвям с измерением соотношения величины площади сечения и прироста последней.

В некоторых случаях, в частности при определении первичной продукции гипоарктических кустарничков, различить годичные кольца и измерить их ширину у ветвей прошлых лет с достаточной точностью практически невозможно вследствие малых линейных размеров. Годичный прирост массы ветвей, найденный путем деления их массы на возраст, составляет 4–7 % от массы ветвей прошлых лет (Андреяшкина, 1977), а ошибка определения массы ветвей прошлых лет составляет более 10 %. Поскольку величина прироста массы ветвей (4–7 %) укладывается в ошибку определения массы ветвей прошлых лет (10 %), Н.И. Андреяшкина (1977) отказывается от учета годичного прироста последних и принимает в качестве показателя первичной продукции ветвей лишь массу их годичных побегов. Но необходимо иметь в виду, что сопоставление случайной и систематической ошибок некорректно: если первая стремится к нулю при увеличении числа наблюдений, то вторую ростом числа повторностей исключить нельзя (Любищев, 1969), и она представляет собой систематическое (в данном случае 4–7 %-ное) смещение искомой величины.

Прирост массы ветвей в кроне также можно найти расчетным путем (Satoo, Madgwick, 1982). Для отдельной ветви в пределах кроны прирост тесно коррелирован как с ее общей массой, так и с площадью сечения в основании ветви (рис. 2.5). Для определения текущего прироста ветвей по сухой массе может быть применено и то, и другое соотношение. Однако регрессионные константы в этих соотношениях различаются от дерева к дереву и в пределах древостоя должны рассчитываться отдельно для каждого модельного дерева.

Электронный архив УГЛТУ

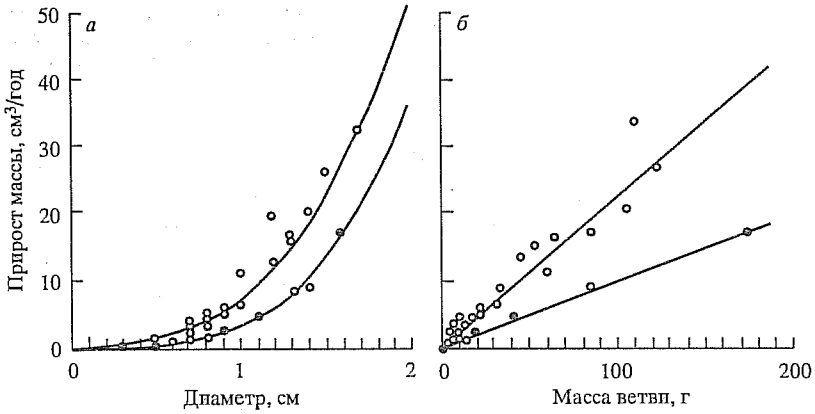


Рис. 2.5. Зависимость годичного прироста массы ветви от диаметра основания ветви (*а*) и массы ветви в свежем состоянии (*б*) для двух модельных деревьев *Cryptomeria japonica* (Satoo, Senda, 1966)

Исходя из того, что прирост ветвей состоит не только из массы побегов текущего года, но и включает прирост остальной части ветвей, Е. Тадаки с соавт. (Tadaki et al. 1970) использовали для определения прироста массы ветвей соотношение между массой всех ветвей дерева и объемом той части ствола, к которой крепятся ветви, т. е. объемом ствола внутри кроны (над нижней живой ветвью). Предполагая, что это соотношение не изменяется в течение года, массу приросших за год ветвей всего дерева они вычисляли как разность масс ветвей, определенных в данный момент и в конце предыдущего вегетационного периода. Для расчета последнего показателя, т. е. массы ветвей в конце предыдущего сезона, вначале измеряли объем ствола внутри кроны год назад путем его «расчехления», затем умножали полученное значение прироста на соотношение массы ветвей дерева и объема ствола внутри кроны.

Указанные авторы предполагали, что, во-первых, опад суммарной массы ветвей в пределах кроны, имеющейся на данный момент, за истекший год ничтожно мал и, во-вторых, относительные приросты массы ствола и суммарной массы ветвей равны.

Последнее предположение о равенстве относительных приростов массы ветвей и стволов принималось и другими исследователями. В этом случае прирост получают путем умножения массы ветвей на относительный прирост массы стволов согласно пропорции

$$NPP_b = P_b(NPP_s/P_s), \qquad (2.7)$$

где P_b и P_s – масса ветвей и стволов, а NPP_b и NPP_s – их годичные приросты соответственно. Этот же прием использовали Д.Г. Замолодчиков и А.И. Уткин (2000) при оценке *NPP* лесов России.

Однако этот метод дает недопустимое занижение оценки, поскольку относительный прирост у ветвей намного выше, чем у ствола: он колеблется в зависимости от древесной породы и может быть 2-кратным у пихты сахалинской (4,0 против 1,9 т/га) (Satoo, Madgwick, 1982), 3-кратным – у бука европейского (Calamini et al., 1989) и 4-кратным (0,91 против

Электронный архив УГЛТУ

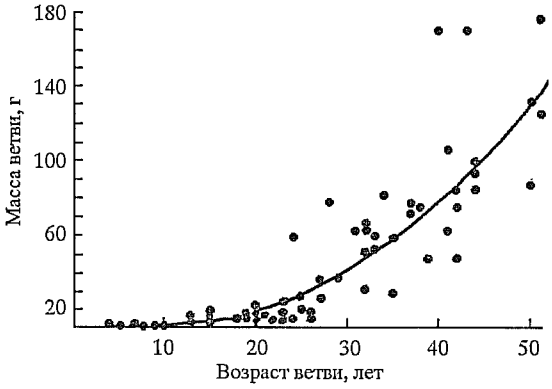


Рис. 2.6. Зависимость массы модельной ветви от ее возраста у доминирующих экземпляров *Kalmia latifolia* (Whittaker, 1962)

3,3 т/га) – у лиственницы японской (Satoo, Madgwick, 1982). Поэтому в (2.7) рекомендуется (Ogawa, 1977) вводить соответствующий корректировочный коэффициент, который, как правило, применяют при небольших смещениях. Здесь же мы сталкиваемся с занижением результата на порядок, когда вместо упомянутого фактического отношения NPP_b/NPP_s, равного 2÷4, пропорция (2.7), по Д.Г. Замолодчикову и А.И. Уткину (2000), дает для всех древесных пород России величину NPP_b/NPP_s, равную 0,3.

Довольно часто годичный прирост массы ветвей определяется путем расчленения кроны на мутовки либо метровые отрезки, взвешивания ветвей каждой секции и деления полученной массы на средний возраст секции, рассчитанный как средний по верхнему и нижнему торцам соответствующего отрезка ствола (Baskerville, 1965; Уткин, Дылис, 1966; Программа и методика..., 1974; Уткин, 1975; Габделхаков, 2001):

$$NPP_b = \sum[(p_b)_i/A_i], \qquad (2.8)$$

где $(p_b)_i$ и A_i – соответственно масса ветвей и возраст i-й секции кроны. Этот метод может несколько занизить оценки, поскольку не учитывает опад части тонких ветвей в нижней части кроны за исследуемый период.

Р. Уиттекер (Whittaker, 1962, 1965; Whittaker, Woodwell, 1971), предполагая, что рост ветвей ускоряется с их возрастом, для расчета массы ветвей кальмии широколистной (кустарник высотой до 7 м) приводит следующее аллометрическое уравнение (рис. 2.6):

$$(p_b)_i = 0{,}01165A_i^{2{,}281}, \qquad (2.9)$$

где $(p_b)_i$ и A_i – соответственно масса (г) и возраст (лет) i-й ветви кроны. Это соотношение может быть выражено в терминах относительного роста (Huxley, 1932; Кофман, 1986):

$$[\mathrm{d}(p_b)_i]/(p_b)_i = 2{,}281(dA_i)/A_i, \qquad (2.10)$$

или

$$[\Delta(p_b)_i]/(p_b)_i = 2{,}281(\Delta A_i)/A_i. \qquad (2.11)$$

Поскольку годичный прирост ветвей – это приращение за период ΔA_i, равный одному году, выражение (2.11) можно переписать в виде

$$\Delta(p_b)_i = 2{,}281(p_b)_i/A_i. \qquad (2.12)$$

Электронный архив УГЛТУ

Тогда годичный прирост всех ветвей дерева равен

$$\Delta p_b = \sum[\Delta(p_b)_i] = 2{,}281\sum[(p_b)_i/A_i] = NPP_b. \quad (2.13)$$

В рассмотренном выше примере для кальмии широколистной аллометрическая константа равна 2,281, но у других видов, в том числе древесных, может быть и выше. Выражение (2.13) в общем случае имеет тенденцию к преувеличению реального прироста вследствие завышенной аллометрической константы по причине неучтенной более высокой скорости отмирания тонких ветвей по сравнению с крупными. Выражение (2.8), напротив, может занижать реальный прирост, поскольку предполагает аллометрическую константу равной 1,0 (Whittaker, Woodwell, 1971; Whittaker, Marks, 1975).

Наиболее простой метод определения прироста массы ветвей предложен А.И. Русаленко и Е.Г. Петровым (1975), согласно которому удвоенная масса ветвей дерева делится на возраст кроны, измеренный по годичным кольцам у ее основания, или, что равноценно, общая масса ветвей кроны делится на средний возраст их ветвей:

$$NPP_b = 2{,}0[\sum(p_b)_i]/[A_{i(\max)} + 1], \quad (2.14)$$

где $A_{i(\max)}$ – возраст нижней мутовки или возраст кроны, определяемый по числу годичных колец ствола у основания кроны.

Этот метод согласуется с известным фактом (Уткин, 1975) о том, что средняя по массе мутовка у некоторых древесных пород приходится примерно на середину кроны. Г. Стефенс (Stephens, 1969) по 50 модельным деревьям, взятым в 10 древостоях сосны смолистой в возрастном диапазоне от 20 до 50 лет, установил, что средняя по массе хвои мутовка расположена у деревьев на расстоянии от вершины, равном 0,47 длины кроны, с фактическими колебаниями от 0,33 до 0,55, а в пологе древостоя – 0,53 от его средней толщи с отклонениями от 0,43 до 0,59. Аналогичная закономерность отмечена И.В. Каменецкой (1973) у 30-летних деревьев сосны обыкновенной.

Положение мутовки, средней по массе хвои, на середине кроны было выявлено также у ели Глена и криптомерии японской (Tadaki, 1963). Для охвоенных ветвей аналогичное явление установлено для ели европейской (Schöpfer, 1962). Однако у некоторых лиственных пород место ветви, средней по массе листвы, смещено к вершине дерева и составляет у березы каменной, акации мягкой и кастанопсиса соответственно 0,37; 0,41 и 0,37 длины кроны (Tadaki, 1963).

2.2.4. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ЛИСТВЫ

Продукция листвы и ее потери изменяются в течение вегетационного сезона. Одна из крайностей представлена тропическими видами на Филиппинах (Kawahara et al., 1981), где прирост листвы за сезон втрое меньше сформировавшейся в течение сезона и опавшей листвы, и в этом случае компонента NPP_f в (2.2) не адекватна первичной продукции листвы, поскольку втрое занижает величину последней. Другую крайность представляет сосна остистая, у которой хвоя на ветвях сохраняется в течение 45 лет (Ewers, Schmid, 1981), и ее первичная продукция представляет ничтожно малую величину, трудно поддающуюся учету.

Электронный архив УГЛТУ

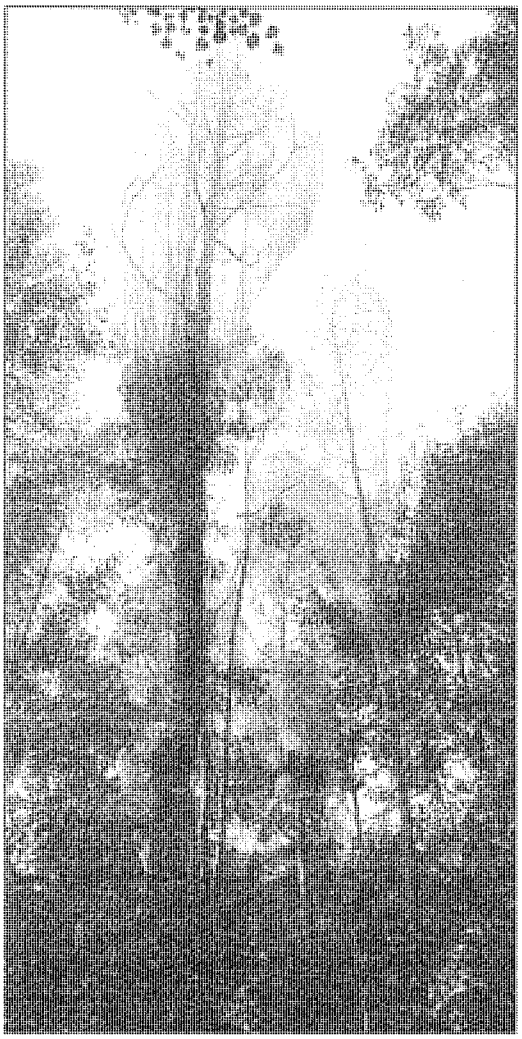


Рис. 2.7. Кроны модельных деревьев ясеня обыкновенного, обернутые полиэтиленовой сеткой для улавливания опадающей листвы (Le Goff, Ottorini, 1996)

Продукция листвы, как правило, должна определяться с коррекцией на ее опад, который происходит по мере нарастания новой листвы. Игнорирование опада текущего года приводит к занижению результата. У вечнозеленых хвойных листва текущего года обычно хорошо идентифицируется (в отличие от некоторых вечнозеленых лиственных, например эвкалипта), опад ее практически отсутствует, но и в данном случае возможно занижение количества первичной продукции, поскольку, например, у молодых пихт хвоя текущего года продолжает расти и на следующий год (Kimura et al., 1968).

Для полного «недеструктивного» (т. е. без рубки дерева) периодического учета листвы, опадающей в течение вегетационного периода, применяют метод сетчатого уловителя (cloth-trap-method) (Miyaura, Hozumi, 1988; Le Goff, Ottorini, 1996). Две полиэтиленовые сетки с 6-угольными ячейками размером 1 см сшиваются боковыми кромками в форме цилиндра, верхняя часть которого прицепляется к пластмассовому кольцу. Затем рабочий в корзине автоподъемника поднимает сетку от земли, и как только кольцо оказывается над кроной, оно отцепляется, верхняя часть цилиндра стягивается бечевкой, и вся крона оказывается под сетчатым колпаком. Нижняя часть сетчатого цилиндра также стягивается бечевкой вокруг ствола, и образуется «карман» для улавливания и периодического изымания опадающей листвы (рис. 2.7). Метод имеет лишь один недостаток: его использование не всегда осуществимо чисто технически, например в случаях когда большая густота и высота деревьев не позволяют автоподъемнику приблизиться к модельным деревьям на пробной площади.

Несколько иные конструкции сетчатого уловителя применяли японские исследователи (Miyaura, Hozumi, 1988), подвешивая уловитель на специальную разборную алюминиевую мачту-лестницу, устанавливаемую вертикально вплотную к стволу таким образом, чтобы ее верхний конец возвы-

Электронный архив УГЛТУ

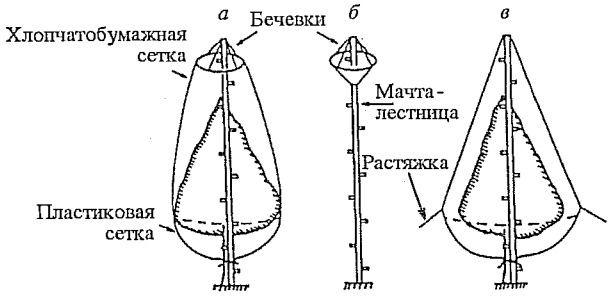


Рис. 2.8. Конструкции опадоуловителей с использованием несущей мачты-лестницы (Miyaura, Hozumi, 1988)

шался над вершиной дерева на расстояние до 2 м (рис. 2.8). В одном случае к верхнему концу мачты подвешивали на бечевках горизонтальное кольцо площадью 1 м^2, а уже к нему – сетку-уловитель (см. рис. 2.8, *а*). Рядом устанавливали дублирующую мачту-лестницу такого же размера, и к ее верхнему концу подвешивали на бечевках корректирующий опадоуловитель из пластиковой сетки в виде перевернутого конуса сечением 1 м^2 (рис. 2.8, *б*). Предполагалось, что опады с соседних деревьев, попадающие в кольцо первой мачты и коническую сетку второй, одинаковы, и для получения истинной величины опада его количество, накапливаемое в конусе, вычиталось из общего количества, накапливаемого основным опадоуловителем.

В другом случае применяли упрощенную конструкцию опадоуловителя, лишь с одной мачтой-лестницей. Сетка опадоуловителя была та же, но крепили ее не к кольцу, а стягивали ее верхнюю часть вокруг верхнего конца лестницы. Чтобы сетка не касалась кроны, к ее нижней части крепили растяжки (см. рис. 2.8, *в*). Светопроницаемость хлопчатобумажной и пластиковой сеток – соответственно 82 и 86 % (Miyaura, Hozumi, 1988).

Сегодня в большинстве случаев используется традиционный «деструктивный» способ определения годичного прироста массы листвы и хвои. Обычно у листопадных пород он принимается равным сформировавшейся за сезон массе листвы. У вечнозеленых, в частности у ели и сосны, увеличение массы хвои прошлых лет не превышает 1 % массы хвои текущего года (Молчанов, Смирнов, 1967), поэтому годичный прирост хвои принимается равным массе хвои текущего года.

В.В. Смирнов (1971а) для определения доли хвои текущего года в общей ее массе практиковал отбор одной модельной ветви I порядка из средней части кроны, но подобная выборка, по мнению А.И. Уткина (1975), вряд ли будет репрезентативной. Место средней ветви по доле хвои текущего года на вертикальном профиле кроны определяется несколькими факторами, но при прочих равных условиях – габитусом кроны. На рис. 2.9 показано распределение поверхности хвои дерева (м^2) по метровым секциям вдоль по стволу у двух равновеликих деревьев ели и сосны. Очевидно, что у ели европейской место средней ветви по этому показателю смещено в верхнюю часть кроны (что противоречит данным о массе охвоенных побегов (Schöpfer, 1962)), тогда как у сосны приходится на ее середину.

Обычно рекомендуется через каждые 1–2 м вдоль по оси кроны брать 3–5 средних по размеру модельных ветвей, с которых срывают всю хвою, в том числе хвою текущего года. По известному общему числу ветвей рассчитывают массу всей хвои и отдельно – хвои текущего года (Whittaker, 1962; Родин и др., 1968; Алексеев и др., 1973; Уткин, 1975). Количество отбираемых модельных ветвей зависит главным образом от трудоемкости отделе-

Электронный архив УГЛТУ

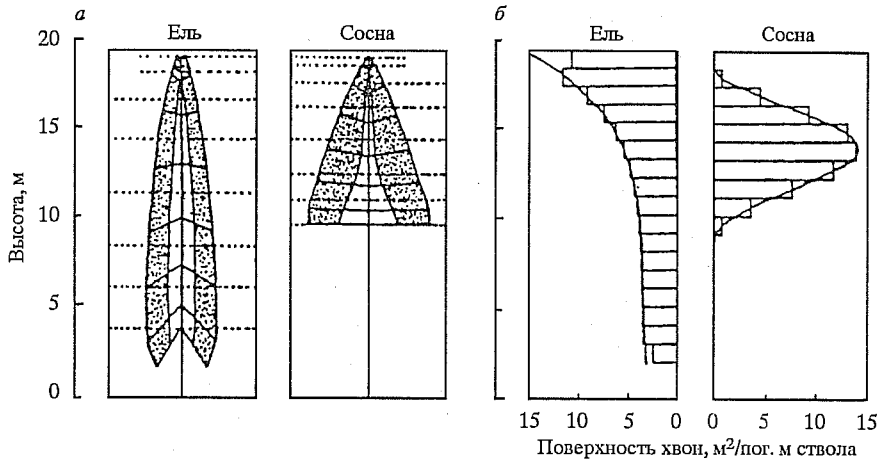


Рис. 2.9. Габитус кроны (*а*) у двух 20-метровых деревьев ели европейской и сосны обыкновенной (показаны угол крепления, длина ветвей и масса хвои по 7 секциям) и распределение односторонней поверхности хвои (*б*) по метровым отрезкам вдоль по стволу (Morén et al., 2000)

ния хвои от побегов, которая различается по древесным породам. Например, у сосны оно обычно больше, чем у ели (Молчанов, Смирнов, 1967).

Если невозможна дробная послойная стратификация крон (например, по мутовкам или метровым секциям), то А.И. Уткин (1975) допускает возможность деления кроны на три части по вертикальному профилю, причем не механически, а с выделением световой, промежуточной и теневой зон кроны. И. В. Каменецкая (1973) сравнивала массу распределенной по годам хвои и общей, полученную методом модельных деревьев и методом отбора одной мутовки, средней по положению в кроне. Коэффициент корреляции полученных оценок составил 0,94. При взятии средних мутовок с 30 деревьев обеспечивается определение погодичной и общей массы хвои с точностью ±5 %.

2.2.5. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ КОРНЕЙ

Общая первичная продукция корней. Определение этого показателя более проблематично по сравнению с надземной частью уже вследствие их меньшей доступности для анализа во времени и пространстве ризосферы. Менее 10 % всех материалов по *NPP*, полученных в ходе выполнения Международной биологической программы, содержали данные о подземной продукции насаждений (Clark et al., 2001). Приемлемых по точности методов оценки продукции корней и ее потерь пока не существует, а попытки определить чистую продукцию и чистые потери массы корней по изменениям их массы в режиме реального времени характеризуются слишком большими относительными ошибками (Harris et al., 1977).

Например, Л. Е. Родин с соавт. (1968) предлагают площадь роста среднего дерева разделить на 5 секторов, каждый год раскапывать послойно по одному сектору с отбором и взвешиванием всех корней и по разности полученных результатов определять первичную продукцию корней. При этом не учитывается влияние на рост дерева нарастающего изъятия существен-

Электронный архив УГЛТУ

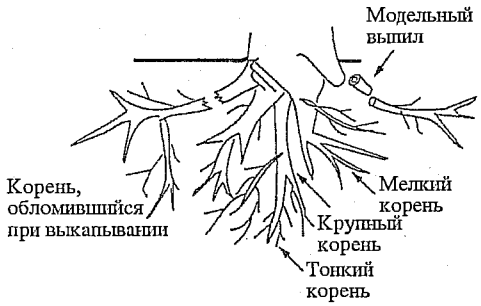


Рис. 2.10. Схема корневой системы бука лесного, извлеченной из почвогрунта, и модельный выпил – образец, предназначенный для определения объемного прироста (Le Goff, Ottorini, 2001)

ной части корней и предполагается равномерное распределение всех корней данного дерева в пределах площади роста, что не соответствует действительности, особенно в отношении скелетных корней.

Далее проблема состоит в том, что вследствие функциональных различий скелетных и тонких корней эти категории должны учитываться раздельно, и метод определения их продукции не может быть один и тот же (Орлов, 1967). В частности, для скелетных корней наиболее приемлемы методы второй из упомянутых выше групп (ретроспекция по годичным кольцам), а для тонких – первой (оценка в режиме реального времени).

Первичная продукция скелетных корней. Прирост массы скелетных корней может быть рассчитан по аналогии с ветвями, т. е. по соотношению площади сечения и ее годичного прироста на середине модельного корня (Молчанов, Смирнов, 1967) или на середине отрезков корней (Whittaker, 1962; Scarascia-Mugnozza et al., 2000; Helmisaari et al., 2002). На участках крупных и мелких корней вдоль их оси выпиливаются образцы длиной 10 см (рис. 2.10): 10 экз. – у господствующих, 6 – у согосподствующих и по 5 – у промежуточных и угнетенных деревьев (Le Goff, Ottorini, 2001). На верхнем и нижнем срезах образца измеряются диаметры без коры, радиальные приросты за последний год и рассчитывается отношение годичных объемных приростов dv_i к объему образца v_i.

Анализ взаимосвязи значений dv_i/v_i, полученных для всей совокупности модельных деревьев, с площадью сечения образца не выявил достоверной связи (рис. 2.11), т. е. $dv_i/v_i = K$, где K – постоянная величина. Однако при анализе взаимосвязи значений dv_i/v_i, сгруппированных по классам Крафта модельных деревьев (независимо от

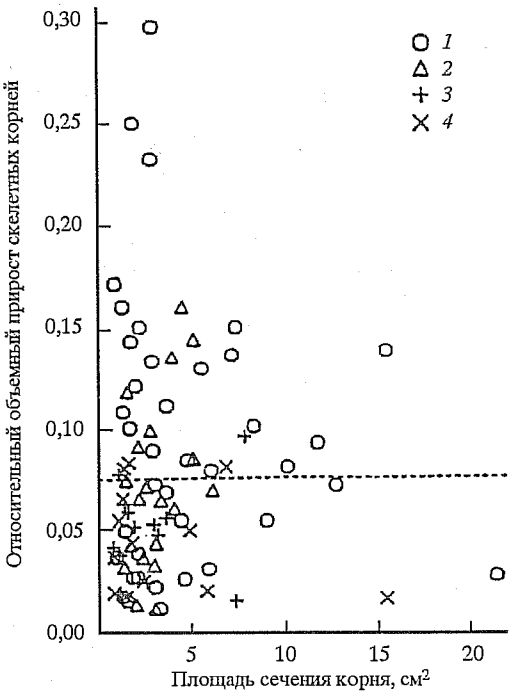


Рис. 2.11. Относительный объемный прирост образцов корней dv_i/v_i модельных деревьев в зависимости от площади поперечного сечения образца (Le Goff, Ottorini, 2001).

1–4 – господствующие, согосподствующие, промежуточные п угнетенные модельные деревья соответственно

Электронный архив УГЛТУ

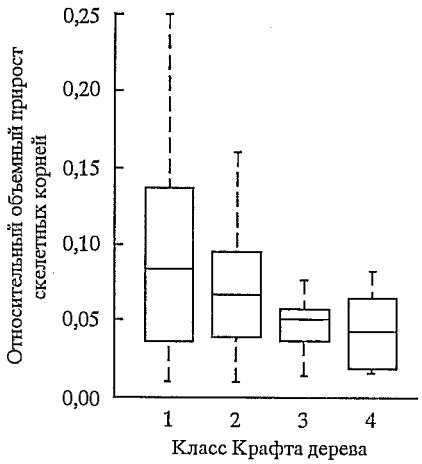


Рис. 2.12. Средние значения относительного объемного прироста образцов корней dv_i/v_i и его отклонения, сгруппированные по классам Крафта (Le Goff, Ottorini, 2001)

площади сечения образца), обнаруживается некоторое снижение относительного объемного прироста скелетных корней при переходе от господствующих к угнетенным деревьям (рис. 2.12).

Поскольку величина dv_i/v_i не зависит от толщины корня и, следовательно, от положения образца по длине корня, но зависит от ценотического положения дерева в пологе, все значения dv_i/v_i группируются по классам Крафта деревьев и для каждого класса рассчитывается относительный объемный прирост дерева по формуле

$$\sum dv_i/\sum v_i = dV/V = K. \qquad (2.15)$$

Средние значения K для господствующих деревьев составили (см. рис. 2.12) 0,084, для согосподствующих – 0,067, для промежуточных – 0,051 и для угнетенных – 0,043. Очевидно некоторое снижение относительного прироста при переходе от господствующих деревьев к угнетенным. В первом приближении можно предположить базисную плотность постоянной для всех частей корневой системы, и в этом случае приведенные значения объемных приростов dV/V действительны и для приростов по массе (Le Goff, Ottorini, 2001). Тогда величины относительных приростов по массе скелетных (крупных и мелких) корней, рассчитанные для соответствующих образцов, умножают на значения общей массы скелетных корней и получают годичный прирост фитомассы последних.

Г. Антонов (1980) в 15-летних культурах сосны обыкновенной в Болгарии определял прирост скелетных корней, учитывая прирост площади сечения не только древесины, но также пробки и луба, что осуществимо не для всех древесных пород и не во всех условиях произрастания.

Первичная продукция тонких корней. Точность оценки энергетического и трофического бюджетов лесных экосистем в значительной степени ограничена трудностью получения приемлемых оценок продукции (NPP_{tr}) и массооборота тонких корней (Steen, 1985; Vogt et al., 1998). В приведенном выше примере по определению массы корней путем прямой раскопки (Le Goff, Ottorini, 2001) первичная продукция тонких корней определялась косвенным методом – по отношению годичной продукции тонких корней к их массе, т. е. по относительному приросту, принятому равным 0,6. Очевидно, что при методе раскопок годичная продукция тонких корней не может быть учтена в полном объеме, что и подтвердилось при ее определении методом монолитов на той же пробной площади: при раскопке она оказалась заниженной вдвое (Le Goff, Ottorini, 2001).

В естественных условиях in situ прямое измерение продукции тонких корней и микоризы чрезвычайно затруднительно. Можно отметить три на-

Электронный архив УГЛТУ

иболее распространенных метода. Один из них предложен А. Хендриксоном и Ф. Веймейером (Hendrickson, Veihmeyer, 1931) и позднее усовершенствован З. Лундом с соавт. (Lund et al., 1970) как метод «имплантированной почвы» с последующей еще более поздней его модификацией (Vogt, Persson, 1991; Neill, 1992; Messier, Puttonen, 1993; Janssens et al., 2002; Hertel, Leuschner, 2002; Müller, Wagner, 2003; Tateno et al., 2004) в качестве метода «емкости врастания» (ingrowth bag method) или «керна врастания» (ingrowth core method). В этом случае прирост корней оценивается в режиме реального времени, но выборки закладываются в «псевдоестественных» условиях роста корней. Бурят скважины диаметром 5–10 см на глубину проникновения корней, в них закладывают цилиндрообразные пластиковые (нейлоновые) сетки с отверстиями 2 мм, в которые засыпают и утрамбовывают кварцевый песок либо почвогрунт, аналогичный изъятому при бурении, но без корней, и по прошествии заданного времени сетки извлекают и определяют массу корней, вросших в их объем.

Один из недостатков данного метода состоит в том, что при заглублении бура или шаблона-корнереза интактные корни перерезаются и начинают расти лишь спустя некоторое время после установки сетки с почвенным субстратом. Поэтому необходимо контролировать начало «врастания» корней путем периодических наблюдений за дублирующими емкостями. Кроме того, метод может дать искаженные значения NPP_{tr}, поскольку корни внедряются в пространство почвы, полностью свободное от конкуренции (Hertel, Leuschner, 2002).

Второй метод реализуется путем взятия монолитов (monolith method) с помощью шаблонов-корнерезов или кернов (core method) через определенный интервал (см. рис. 1.23 и 1.24) с последующей оценкой годичного прироста массы тонких корней (Шалыт, 1960; Орлов, 1967; Колесников, 1972; Андреяшкина, Горчаковский, 1972; Алексеев и др., 1973; Aber et al., 1985; Vogt, Persson, 1991; Helmisaari et al., 2002). Специальное исследование для сосны обыкновенной (Makkonen, Helmisaari, 1999) показало, что эти два метода дают примерно одинаковые результаты.

Однако точность оценок NPP_{tr}, получаемых этими методами, остается под вопросом (Vogt et al., 1998). Оба метода несколько занижают действительный прирост корней, поскольку не учитывают одновременный характер новообразования и отмирания корней между двумя последовательными замерами (Kurz, Kimmins, 1987; Hendrick, Pregitzer, 1993). По этой причине период наблюдения по методу «емкости врастания» не должен быть длительным (Vogt, Persson, 1991), но в то же время сокращение времени между учетами в еще большей степени занижает результат из-за замедленной «реколонизации», т. е. освоения поврежденными при бурении корешками нового, каждый раз нарушаемого субстрата. Поэтому рекомендуется определять прирост корней не в год закладки опыта, а лишь год спустя (Persson, 1979; Yin et al., 1989; Conlin, Lieffers, 1993; Messier, Puttonen, 1993), хотя практикуется и оценка продукции корней сразу после закладки «емкости врастания» (Epron et al., 1999). Ниже в главе приведены примеры расчета первичной продукции тонких корней с использованием обоих методов (1–5-й примеры).

Осознание исследователями ненадежности имеющихся подходов к оценке NPP_{tr} вылилось в интенсивную дискуссию по поводу преимуществ того или иного метода, а также его точности при оценке продукции корней. Уча-

Электронный архив УГЛТУ

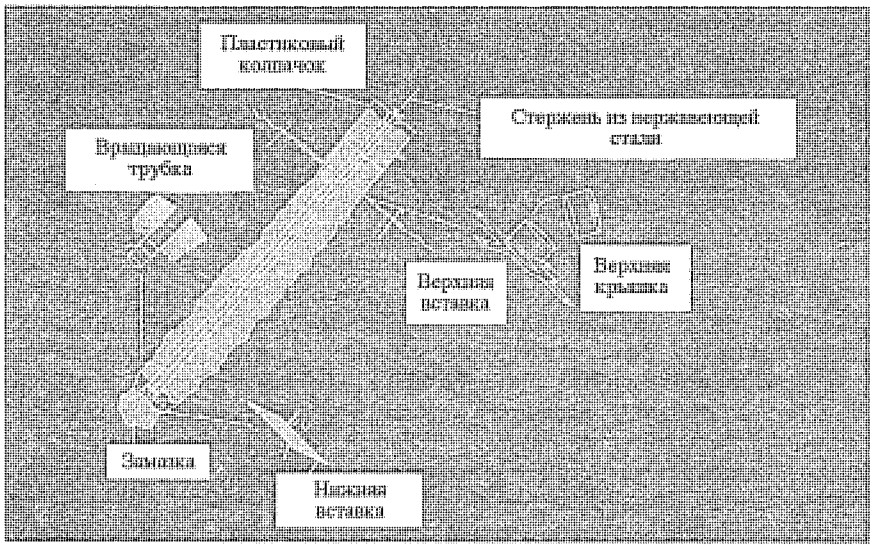


Рис. 2.13. Схема трубы миниризотрона Olympus OES Borescope японской фирмы Olympus Optical Co. Ltd.) (López et al., 1997)

стники дискуссии были единодушны лишь в одном: неиспользованные возможности для улучшений в методологии и технологии изучения корней огромны (Singh et al., 1984; Fairley, Alexander, 1985; Fogel, 1985, 1990; Vogt et al., 1986a; Laurenroth et al., 1986; Santantonio, Grace, 1987; Raich, Nadelhoffer, 1989; Vogt, Vogt, 1989).

Один из вариантов реализации подобных возможностей и преодоления неопределенностей, связанных исключительно с выборочным учетом корней, реализован в недеструктивном методе оценки динамики тонких корней, получившем распространение лишь в последние годы и основанном на применении современного прибора – миниризотрона (minirhizotron method).

Миниризотрон предназначен для прямого измерения роста и продолжительности жизни тонких корней в режиме реального времени (Hendrick, Pregitzer, 1992, 1993, 1996; Poelman et al., 1996; Kubiske et al., 1998; López et al., 2001; Wan et al., 2004). Это специальная стеклянная или пластиковая труба-эндоскоп (ризоскоп) длиной 1–2 м и внутренним диаметром около 5 см, вставляемая в почву под углом 20–60° (рис. 2.13). Первоначально она использовалась в медицине и приборах контроля за качеством материалов. Труба с прозрачной стенкой совмещена с мини-видеокамерой и монитором, что позволяет следить за ростом соприкасающихся с трубой тонких корней. С помощью миниризотрона наблюдением охватываются одновременно несколько почвенных горизонтов и обеспечивается контроль за одними и теми же корневыми окончаниями с некоторыми временными интервалами, что при деструктивных методах (например, монолитов либо емкости врастания), естественно, невозможно.

Совмещенное с видеокамерой оцифровочное устройство на базе компьютера позволяет анализировать наблюдаемые процессы. После соответствующей обработки изображения отслеживаются такие параметры, как

Электронный архив УГЛТУ

рост корешков в длину, их новообразование и продолжительность жизни. Обычно определяется так называемая «удельная длина корней» (root length density – RLD), т. е. суммарная длина корешков, отнесенная к наблюдаемой поверхности почвы (см/см^2) либо к прилегающему к трубе объему почвы (см/см^3) (Newman, 1966; Buckland et al., 1993).

В то же время метод миниризотрона для наблюдения и регистрации тонких корней *in situ* обнаруживает некоторые недостатки:

1) чрезмерное обилие получаемого материала, на обработку и систематизацию которого требуется много времени (Bolte et al., 2003);

2) как и прочие методы прямого наблюдения, этот метод фактически не дает на достаточно качественном уровне количественной информации, репрезентативно учитывающей изменения в почве;

3) поскольку метод обеспечивает данными только о длине прирастающих и отмирающих корней, а не об их массе, необходимо дополнительное взятие проб деструктивным методом (корнерезов-монолитов либо кернов врастания) для получения зависимости массы корней от их длины с последующим переводом единиц длины в единицы массы (Bolte et al., 2003);

4) при использовании миниризотрона происходит запотевание смотровых окон, что затрудняет наблюдение и регистрацию роста корней, а накопление конденсационной влаги между стенкой трубы и почвой провоцирует ускорение их роста (Wagner, 1994; De Ruijter et al., 1996; Hendrick, Pregitzer, 1996);

5) при установке трубы корни, как и при методе емкости врастания, повреждаются; это вызывает задержку их роста и, как следствие, занижение NPP_{tr} (Clark et al., 2001; Bolte et al., 2003);

6) оценки RLD могут быть смещены вследствие нарушения структуры почвы при установке трубы (Joslin, Wolfe, 1999), а также уплотнения почвы у поверхности трубы либо, напротив, плохого контакта почвы с трубой (Parker et al., 1991; Volkmar, 1993). Однако специальным исследованием (Tierney, Fahey, 2001) установлено, что последнее опасение не оправданно, и труба не вносит каких-либо искажений в оценку RLD.

Несмотря на изложенные недостатки, миниризотрон – это удобный портативный прибор с системой видеозаписи, который сегодня представляет собой идеальное средство для изучения роста и отпада корней в полевых условиях in situ. В последние годы по мере совершенствования технологии и программного обеспечения он используется для выявления более «тонких» закономерностей как в естественных условиях, так и в фитотронах при моделируемых (задаваемых) атмосферных и почвенных условиях (Joslin et al., 2000; Tingey et al., 2000; Nadelhoffer, 2000; Eissenstat et al., 2000; Wan et al., 2004), а также при установлении реакции различных генотипов древесного вида на одновременное изменение доступного CO_2 в атмосфере и азота в почве (Kubiske et al., 1998), при выявлении влияния лесохозяйственных мероприятий на динамику прироста и отпада тонких корней (Comas et al., 2000) и т. д.

Влияние материала, из которого изготовлена труба миниризотрона (стекло, акрил, бутират и др.), на морфологию и фенологию тонких корней на примере яблони оказалось несущественным, но на динамику корней этот фактор влияет. В частности, NPP_{tr} оказалась наибольшей при использовании стеклянной трубы, поскольку в этом случае продолжительность жизни

Электронный архив УГЛТУ

корней больше, чем при изготовлении ее из акрила или бутирата. Стекло – наиболее инертный материал, но в то же время наиболее хрупкий, вследствие чего в зимнее время значительная часть таких труб ломается (Withington et al., 2003).

Метод миниризотрона, как и все остальные, является выборочным и поэтому подлежит статистической оценке. Кроме возможных систематических смещений, имеет место и случайная ошибка. Исходя из величины варьирования полученных оценок длины корней методом миниризотрона, Сара Стил с соавт. (Steele et al., 1997) пришли к выводу о том, что для обеспечения 10 %-ной точности в пределах 95 %-ного доверительного интервала необходимо от 148 до 488 миниризотронов (повторностей). Поскольку обеспечить такое количество повторностей практически невозможно, они предлагают оценивать точность результата на уровне t_{01}, а не t_{05}, соответственно при значительно меньших повторностях. На практике применяются повторности $n = 15$ (Steele et al., 1997), $n = 10$ (Joslin et al., 2000), $n = 8$ (Comas et al., 2000), $n = 6$ (López et al., 2001), $n = 4$ (Wan et al., 2004).

Поскольку, как уже отмечалось, миниризотрон не пригоден для прямого определения фитомассы и элементного состава корней, необходима комбинация прямых наблюдений на основе миниризотрона с традиционным деструктивным выборочным учетом (Hendrick, Pregitzer, 1993). Далее в этой главе приведены примеры расчета NPP_{tr} с использованием метода миниризотрона, совмещенного с деструктивным учетом (с 6-го по 10-й примеры).

Сегодня применяются самые разнообразные схемы комплектации миниризотронов (Steele et al., 1997; Kubiske et al., 1998; Upchurch, Ritchie, 1983, 1984; Ferguson, Smucker, 1989; Box et al., 1989; Smucker et al., 1991; Hendrick, Pregitzer, 1993; Joslin et al., 2000; Wan et al., 2004; Satomura et al., 2006) и пакеты программ для оцифровки и обработки видеозаписи (López et al., 2001; Joslin et al., 2000; Wan et al., 2004; Satomura et al., 2006). Приведем некоторые из вариантов комплектации миниризотронов.

1. Видеозапись осуществляется на ленту высокого разрешения миникамерой CCD (Bartz Technology, Santa Barbara, CA, USA) с телевизором Sony Watchman LCD. Изображение фиксируется через каждые 1,3 см вдоль трубы миниризотрона на глубину 2 мм. Запись обрабатывается с использованием программы OPTIMAS (Bothwell, WA, USA) с видеокартой TARGA (Truevision, Inc., Indianapolis, IN, USA). Записываются длина и диаметр каждого корешка в окне 1,8×1,3 см, каждый идентифицируется по внешнему виду как древесный или травянистый и как живой или отмерший. Длина тонких корней каждой категории суммируется по слоям толщиной 5 см и рассчитывается средняя длина каждой категории для 15 миниризотронов на пробной площади (Steele et al., 1997).

2. Видеозапись производится на 8-миллиметровую ленту с шагом наблюдения вдоль трубы 1–2 см с помощью видеосистемы Olympus-KMI, KeyMed (8-mm video tape with an Olympus KMI Portable Video System PVS-2; Olympus-KMI, KeyMed; Medical & Industrial Equipment, Ltd., Southend-on-Sea, United Kingdom), совмещенной с керноскопом Olympus-OES (Olympus OES Borescope (Olympus Optical Co. Ltd., Tokyo, Japan) и галогенной подсветкой мощностью 100 Вт, обеспечиваемой системой Olympus KMF-5 (Olympus Multi-Function Light Source KMF-5 (Olympus Corporation, New York, USA). Видеозапись оцифровывается и обрабатывается с помощью компьютерной программы IMAT, разработанной в

Электронный архив УГЛТУ

Университете Барселоны (IMAT – an image treatment program developed by the Scientific Services of the University of Barcelona) (López et al., 2001).

3. Видеозапись осуществляется камерой ICAP (Bartz Technology, Santa Barbara, CA, USA) с оцифровкой изображений на базе пакета программ ARCOS (Graphics Equations Inc., Houston, Tex.) (Jones et al., 2003).

4. Видеозапись производится видеокамерой миниризотрона BTC-2 с управляющим устройством Смукера (Bartz Technology, Santa Barbara, CA, USA), совмещенной с трубой миниризотрона длиной 185 см и диаметром 5 см Корпорации «Бартц Технолоджи» (Bartz Technology, Santa Barbara, CA, USA). Видеоизображение (12,4×18,0 мм) оцифровывается с помощью программы ROOTS, разработанной Мичиганским университетом (Michigan State University, Lansing, MI, USA) (Wan et al., 2004).

5. Видеозапись осуществляется камерой Circon (Circon Inc., Santa Barbara, CA, USA) с оцифровкой изображений на базе пакета программ MSU-ROOTS, разработанного Мичиганским университетом (Michigan State University, Lansing, MI, USA) (Jones et al., 2003).

6. Видеозапись производится видеокамерой миниризотрона MR с управляющим устройством Смукера (Bartz Technology, Santa Barbara, CA, USA). Видеоизображение оцифровывается с помощью программы RooTracker, версия 2 (Duke University, National Phytotron, Durham, NC, USA) (Bernier et al., 2005).

7. Используется миниризотрон BTC-100X (Bartz Technology, Santa Barbara, Calif.) длиной 90 см с видеокамерой Videowalkman GV-D900 (Sony, Tokyo, Japan). Видеоизображение обрабатывается с помощью программы UTHSCSA Image Tool ver. 2,0 (The University of Texas Health Science Center at San Antonio, TX, USA; http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html), позволяющей дифференцировать массооборот корней по почвенному профилю (Satomura et al., 2006).

О периодичности в формировании тонких корней. Более столетия назад в отношении динамики корневых систем были сформулированы следующие вопросы (Resa, 1878, с. 323):

«1. Имеется ли периодичность в годичном приросте корней?

2. Если эта периодичность имеет место, то отличается ли она от периодичности прироста надземной фитомассы?

3. Каков годичный отпад тонких корней?».

Вопрос периодичности роста корней был в центре внимания самых первых исследователей корневых систем деревьев начиная с XVIII столетия. По-видимому, первым обратил на это внимание Ст. Хейлс (Hales, 1748), установивший, что летом деревья растут «в высоту», а зимой – «в глубину». М. Дугамель ду Монсо (Duhamel du Monceau, 1760) при зимних раскопках корней деревьев обнаружил, что тонкие корни в условиях Западной Европы продолжают расти и зимой и отмирают лишь при очень сильных морозах. Кроме того, он установил, что корни деревьев начинают расти весной до раскрытия почек и продолжают расти осенью после листопада.

В течение последующего столетия многие исследователи, применяя самые разные методы наблюдения за ростом корней, в общем подтверждали выводы Ст. Хейлса и М. Дугамель ду Монсо (Dieskau, 1776; Willdenow, 1798; Borkhausen, 1800; König, 1820; Loudon, 1823; Agardh, 1832; Treviranus, 1838; Dove, 1846; Mohl, 1862; Hartig, 1863a). Однако в условиях более холодных зим России этот результат не подтвердился, и было установлено, что зимой деятельность камбия в корнях полностью прекращается (Гульбе, 1888).

Электронный архив УГЛТУ

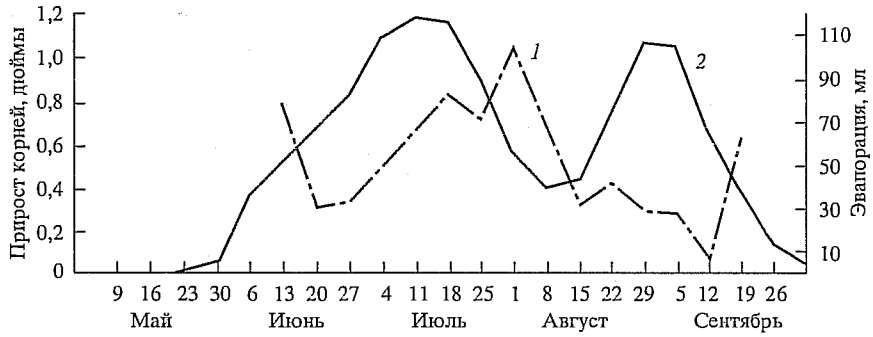


Рис. 2.14. Типичные бимодальные кривые сезонной динамики эвапорации (*1*) и прироста корней в длину (*2*), полученные для 24-летней сосны Банкса на песчаных почвах в США (Kaufman, 1945)

В конце XIX – начале XX столетия выявили наличие двух пиков усиленного роста корней – весеннего и осеннего, соответственно до начала и после прекращения деятельности ассимилирующих органов, и двух минимумов – летнего и зимнего. Ф. Реза (Resa, 1878) пришел к такому выводу, раскапывая корневые системы у растущих деревьев 11 древесных пород Европы, причем у хвойных снижение прироста между весенним и осенним максимумами было выражено в большей степени, чем у лиственных. Эти выводы позднее подтвердили опыты М. Бюсгена (Büsgen, 1897, 1901) и А. Энглера (Engler, 1903) на древесных растениях в питомниках (соответственно в Германии и Швейцарии), причем результаты были получены на массовом материале. В частности, А. Энглер исследовал 16 древесных пород, по 300–400 экз. растений для каждой.

Ф. Реза (Resa, 1878) объяснял летний спад корневой деятельности усиленным ростом надземной части растений, М. Бюсген (Büsgen, 1897, 1901) уточнил это положение, дополнив его действием повышенной температуры воздуха и почвы летом, а А. Энглер (Engler, 1903), отчасти разделяя взгляды предшественников, добавил также действие пониженной влажности почвы в разгар вегетационного периода.

Позднее бимодальность сезонной динамики роста корней была подтверждена в США в опытах на 4 деревьях сосны Банкса (Kaufman, 1945), при этом максимумы прироста приходились примерно на минимумы эвапорации и наоборот (рис. 2.14).

В бывшем СССР подобные исследования выполнены И.Н. Рахтеенко (1960, 1963) и Л.И. Лахтановой (1971) на нескольких древесных породах – ели, сосне, лиственнице, дубе, липе, клене, акации желтой. Во всех случаях были выявлены два максимума роста корней (при одновременном минимальном отпаде) в течение вегетационного периода: весенне-летний и осенний. Первый они связывали с формированием листвы, а второй – с листопадом. Однако это происходило неодновременно: рост активных корней наступал за 3–5 недель до распускания почек и затухал значительно позднее листопада. Максимальное отмирание корней всегда наступало в период затухания роста (Рахтеенко, 1963; Лахтанова, 1971).

Аналогичные исследования проведены на корневых системах дуба, ясеня, липы, клена и лещины в Теллермановском лесничестве А.А. Молчановым

Электронный архив УГЛТУ

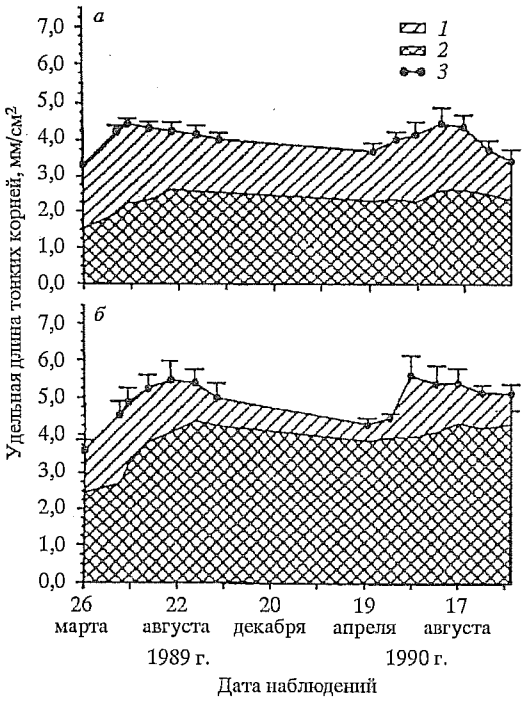


Рис. 2.15. Сезонная динамика удельной длины (мм, приходящиеся на 1 см² поверхности миниризотрона) белой (*1*), коричневой (*2*) и суммарной (*3*) фракций тонких корней клена сахарного в возрасте 78 (*а*) и 74 (*б*) лет с апреля 1989 по октябрь 1990 г. в штате Мичиган, США (Hendrick, Pregitzer, 1993)

(1954) по методу «стеклянной стенки» (glass wall method), впервые предложенному И. Заксом (Sachs, 1873). Выявленная динамика роста активных корней несколько отличалась от закономерностей, установленных И.Н. Рахтеенко (1963) и Л.И. Лахтановой (1971) в Белоруссии. Сосущие корни, сформировавшиеся в прошлом году, отмирают в июне и частично в июле текущего года, и на смену им со второй половины июля нарастают новые, наибольшая масса которых накапливается к середине августа. Аналогичные закономерности с наличием одного лишь летнего пика установлены в других природных зонах: в зоне умеренных лесов штата Мичиган в США (Hendrick, Pregitzer, 1993) в двух насаждениях клена сахарного (рис. 2.15) и в условиях средиземноморского климата Испании (López et al., 2001) в насаждении дуба каменного (рис. 2.16). По А.А. Молчанову (1954), интенсивность роста тонких корней связана с сезонной динамикой температуры и влажности почвы и достигает наибольших темпов при оптимальном их сочетании.

Подобным методом определяли сезонное изменение не только линейных размеров тонких корней, но и их массы. И в этом случае бимодальность сезонной динамики тонких корней была подтверждена многократно: у тюльпанного дерева и сосны ладанной в США (Harris et al., 1977), у сосны обыкновенной в центральной Швеции (Persson, 1978), у пихты миловидной в США (Grier et al., 1981) и др.

В тропическом дождевом лесу при круглогодичной вегетации выделяют (Sundarapandian, Swamy, 1996) два сезона роста: с декабря по март – относительно короткий период засухи, а все остальное время – сезон дождей. Максимальная масса тонких корней приходится на конец периода дождей (ноябрь), а минимальная – на конец засухи (апрель), после чего в течение двух месяцев она поднимается до некоторого среднегодового уровня, который поддерживается до сентября, а затем к ноябрю вновь достигает пика.

Таким образом, наличие моно- либо бимодальности, а также степень выраженности распределения частот и сдвиг пиков во времени видоспецифичны и определяются комплексом погодных условий того или иного года. Следовательно, на первый вопрос Ф. Реза (Resa, 1878) можно дать в целом положительный ответ.

Электронный архив УГЛТУ

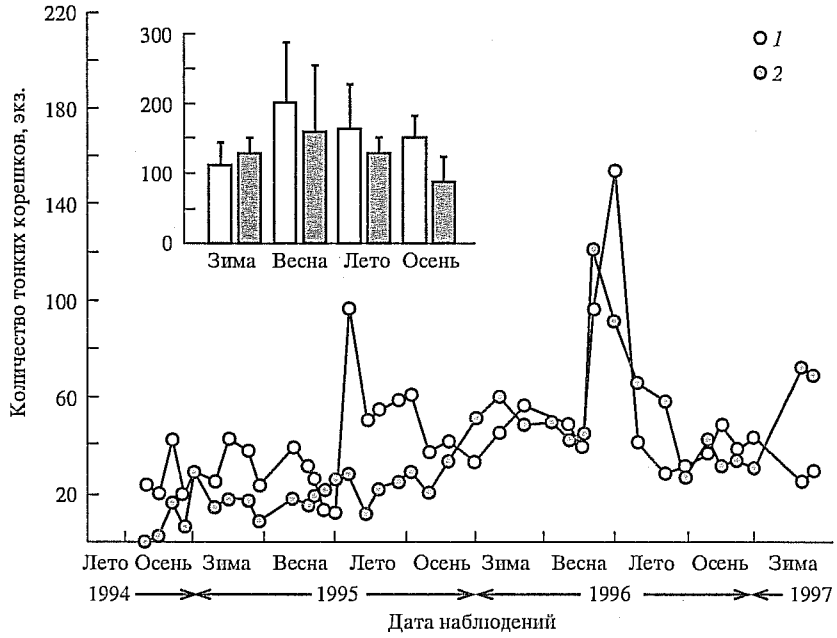


Рис. 2.16. Изменение количества появившихся (*1*) и исчезнувших (*2*) тонких корешков дуба каменного (Испания) на поверхности миниризотрона размером 1134 см^2 с лета 1994 по зиму 1997 г.; на вставке – усредненная сезонная динамика появившихся (*1*) и исчезнувших (*2*) тонких корней (López et al., 2001)

Второй вопрос Ф. Реза о соотношении приростов надземной и подземной фитомассы был в какой-то мере предупрежден Ст. Хейлсом (Hales, 1748), установившим противоположные тенденции в росте надземной и подземной частей растения летом и зимой. Детальное исследование этих соотношений, проведенное Клеменсом Кауфманом (Kaufman, 1945), показало, что рост корней начинался одновременно с ростом верхушечного побега, но последний достигал пика примерно на месяц раньше первого максимума прироста корней, а к моменту первого пика прироста корней рост побега заканчивался (рис. 2.17).

Отсутствие взаимосвязи между приростами корней и побегов было подтверждено К. Ладефогедом (Ladefoged, 1939); более того, в его опытах корни пней спиленных деревьев лиственницы и пихты (т. е. при отсутствии каких-либо побегов) начинали расти одновременно с корнями соседних интактных (нетронутых) деревьев. Одной из причин подобной диспропорции можно считать то, что в отличие от роста апекса ствола рост корневого апекса слабо связан с камбиальной активностью (Zimmermann, Brown, 1971). Таким образом, на второй вопрос Ф. Реза (Resa, 1878) можно дать в целом положительный ответ.

О непрерывности процесса формирования и отпада тонких корней. Непрерывное отмирание и возобновление тонких корней (рис. 2.18) впервые установил М. Дугамель ду Монсо (Duhamel du Monceau, 1760) и позднее подтвердил Е. Гартиг (Hartig, 1863б). Сегодня признано, что этот феномен представляет собой естественный процесс в жизненном цикле древесных

Электронный архив УГЛТУ

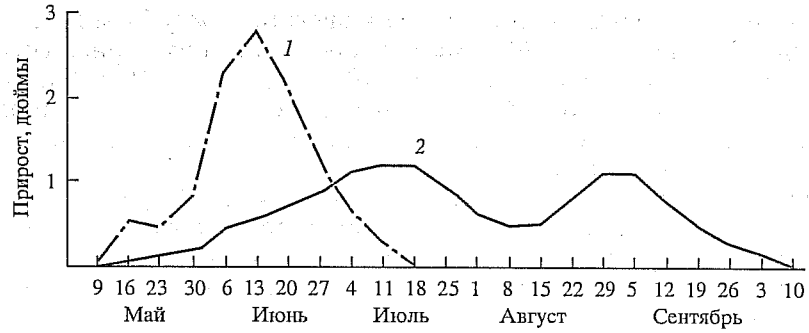


Рис. 2.17. Сезонная динамика прироста верхушечного побега (*1*) и корней (2) у 24-летней сосны Банкса (Kaufman, 1945)

(Колесников, 1924, 1962; Виноград, 1941; Рахтеенко, 1959, 1963). В.А. Колесников (1924) установил, что на месте отмершего корневого окончания формируется несколько новых, каждый из которых спустя некоторое время также отмирает с последующим ветвлением и т. д. В результате формируется мелкая разветвленная сетка тонких корней, обеспечивающая полный охват корнеобитаемой почвенной толщи. Интенсивность отмирания и новообразования, максимальная у корешков 1-го порядка, снижается до ничтожно малой величины у корешков 6–8-го порядков. Процесс отмирания превалирует над новообразованием в базальной части корней, а затем превалирование постепенно теряется в направлении апикальных частей корня. В результате мелкая питающая сетка со временем все более удаляется от основания дерева, постепенно приближаясь к тому пределу, при котором листва дерева начинает испытывать дефицит элементов питания и воды вследствие чрезмерных «транспортных затрат».

Основная часть сформировавшейся в течение сезона массы тонких корней идет в отпад, и лишь незначительная часть формирует их чистый прирост, который может быть как положительным, так и отрицательным (Grier et al., 1981; Santantonio, Hermann, 1985; Gholz et al., 1986). Сказанное подтверждают результаты, полученные Е.М. Борискиной (1959) в 50-летнем дубняке осоково-снытевом III класса бонитета по модифицированной методике А.Я. Орлова (1955): тщательная выборка всех живых корней < 0,3 мм из почвенного монолита сечением 100 см^2 с помощью препаровальных игл и бинокулярной лупы с 30-кратным увеличением. Монолиты брали на расстоянии 70 см от ствола модельного дерева, что соответствовало половине расстояния между ним и соседними деревья-

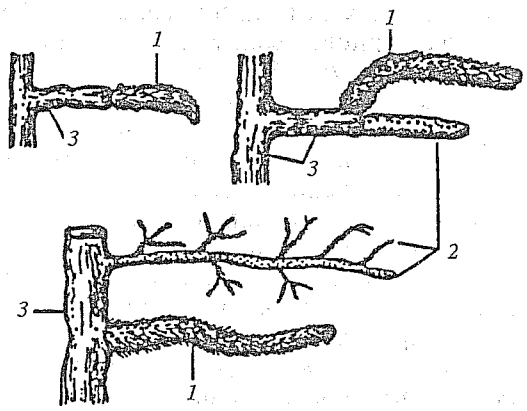


Рис. 2.18. Характер отмирания и новообразования тонких корней у яблони (*1–3* – соответственно всасывающие, отмершие и проводящие корни) (Колесников, 1962)

Электронный архив УГЛТУ

ми, в пяти повторностях, в июне, июле и августе между 14-м и 21-м числами месяца. Оказалось, что 90 % массы живых сосущих корней сосредоточено в верхних 5 см почвы (остальные 10 % – в слое 5–10 см), а их общая масса в июне составила от 0,6 до 1,0 т/га (в среднем 0,8 т/га), в июле 0,8 и в августе 0,5. В итоге получен отрицательный прирост сосущих корней в течение сезона (–0,3 т/га).

Наличная масса живых и отмерших тонких корней представляет собой конечный продукт процессов формирования тех и других на данный момент. Определяя продукцию тонких корней только по изменению их массы, мы не учитываем синхронные и компенсирующие процессы их продуцирования и отпада.

Таким образом, если при исследовании биопродуктивности надземной части насаждения процедуры определения первичной продукции и годичного опада и отпада могут осуществляться (и осуществляются) раздельно, то при изучении подземной части определение годичной динамики живых и отмирающих тонких корней представляет собой единый процесс.

Формула первичной продукции тонких корней и ее составляющие. В общем случае первичная продукция корней NPP_r определяется следующим соотношением (Vogt et al., 1986a):

$$NPP_r = \Delta P_r + \Delta P_{mort} + \Delta P_{dec}, \qquad (2.16)$$

где ΔP_r – статистически достоверный текущий прирост массы живых корней; ΔP_{mort} – статистически достоверный суммарный отпад массы корней и ΔP_{dec} – статистически достоверная суммарная масса разложившихся корней за период A_2–A_1 (см. уравнение (2.2)). Однако варьирование значений, получаемых подобным методом в течение сезона, очень велико и по аналогии с определением прироста надземной фитомассы (см. рис. 2.3) можно не получить достоверного значения сезонного (годичного) прироста тонких корней. Обеспечение достоверности результата является общей проблемой при оценке малых величин по разности больших сильно варьирующих значений (Vogt et al., 1986a).

Компоненты, составляющие общую продукцию корней в (2.16), не имеют однозначного определения. Так, *прирост массы тонких корней* – это увеличение их массы за некоторый период. Он может быть рассчитан как простое увеличение массы только тонких корней, либо суммарный прирост массы живых и отмерших тонких корней, либо увеличение массы отмерших тонких корней, нескомпенсированное снижением массы живых. *Суммарный (накопленный) отпад массы корней* за конкретный период – это увеличение массы отмерших корней либо сокращение массы живых тонких корней. *Суммарная (накопленная) масса разложившихся корней* – это сокращение массы отмерших тонких корней за определенный период либо простое снижение массы отмерших тонких корней, либо снижение массы живых тонких корней, нескомпенсированное увеличением массы отмерших (Santantonio, Hermann, 1985).

Понятия массооборота и продолжительности жизни тонких корней. Если масса тонких корней в общей фитомассе насаждения составляет 1–12 %, то их первичная продукция достигает иногда 69 % общей вследствие интенсивного, часто не учитываемого массооборота в цикле *продуцирование–отпад–разложение* (Satomura et al., 2006).

Электронный архив УГЛТУ

Поэтому для расчета приходной части углеродного цикла в корневой системе растений, начиная от связывания углерода в массе корней и кончая их отпадом, необходимо в первую очередь установить величину массооборота тонких корней. Массооборот выражают и в абсолютных единицах (т/га) как суммарную годичную продукцию живых и отмерших тонких корней (Vogt et al., 1986б; Joslin, Henderson, 1987; Kurz, Kimmins, 1987), и в относительных, когда абсолютный массооборот (полную годичную продукцию с учетом отпада) делят на среднее за сезон значение наличной массы живых корешков (Fogel, Hunt, 1979; Nadelhoffer et al., 1985; Aber et al., 1985; Aerts et al., 1992; Janssens et al., 2002), либо на максимальное (Gill, Jackson, 2000), либо на минимальное в начале сезона (Hendrick, Pregitzer, 1993). Величиной, обратной относительному массообороту, является продолжительность жизни тонких корней, и выявление определяющих ее факторов имеет первостепенное значение (Рахтеенко, 1959, 1963).

Исследуя сезонную динамику роста тонких корней дуба, Е.М. Борискина (1959) констатирует: «Сосущие корни – постоянно обновляющийся аппарат, и за 50-летнюю жизнь дерева сменяется несколько десятков поколений их...» (с. 262). Продолжительность жизни тонких корней обычно исследуется в режиме реального времени по методу «стеклянной стенки» с использованием бинокулярной лупы (Орлов, 1955, 1957, 1967; Рахтеенко, 1963; Лахтанова, 1971; Бобкова, 2001). Наблюдения проводятся 2–4 раза в месяц.

Периодом жизни корней, по И.Н. Рахтеенко (1963), считается время с момента их появления до потемнения, т. е. до начала опробковения, когда первичная ткань превращается во вторичную, и корешки в значительной степени утрачивают физиологическую активность, сжимаются, приобретают ребристую форму. Часть сосущих корней превращается в проводящие, а часть отмирает, причем соотношение тех и других неизвестно (Moir, Bachelard, 1969). Поэтому важно идентифицировать признаки, по которым сосущие корни отличаются от проводящих, а живые – от отмерших. Иными словами, определение продолжительности жизни сосущих корешков связано с идентификацией переходов сосущих корней в категорию проводящих и категорию отмерших.

Поскольку визуальные и функциональные особенности корешков в связи с их переходом из категории сосущих в категорию проводящих уже обсуждались в разделе 1.3, здесь рассмотрим лишь признаки деления корешков на живые и отмершие. Обычно живые корни отличают от отмерших по морфологическим признакам – цвету, степени целостности и сцепления между корой и перидермой и т. д. (Колесников, 1962; Рахтеенко, 1963; Valiela et al., 1976; Ares, Peinemann, 1992). Живые корешки более эластичны, полупрозрачны, цвет – от белого до желтовато-коричневого. Отмершие корешки легко крошатся, тусклые, цвет – от серого до черного (McClaugherty et al., 1982). Соответствие физиологического состояния корешка его внешним признакам проверяется с помощью калийно-йодистого раствора (Vogt et al., 1987) либо иных химикатов (Joslin, Henderson, 1984, 1987). Сосущие корни функционируют более длительный срок у лиственных пород, менее – у хвойных (Рахтеенко, 1963). У дуба скального в Испании продолжительность жизни тонких корней в нижних горизонтах почвогрунта больше, чем в поверхностных, а в связи с рубками ухода – больше в контроле, чем на прореженных секциях (López et al., 1997).

Электронный архив УГЛТУ

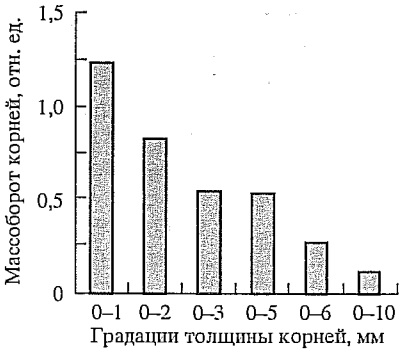


Рис. 2.19. Изменение массооборота тонких корней в связи с их диаметром (Gill, Jackson, 2000)

Продолжительность жизни сосущих корней изменяется в течение года. Весной и летом процесс обновления и отмирания происходит более интенсивно и длится от 2 до 5 недель. Осенью и зимой корневые окончания живут несколько месяцев. Функционирование ростовых корней обычно заканчивается значительно раньше сосущих – на 3–10-й день жизни и меняется мало в течение сезона. При наличии микоризы срок жизни активных корней удлиняется в 2–3 раза. Дефицит влаги в пределах 15–20 % от максимальной влагоемкости в течение 5–7 дней сокращает срок жизни активных корней примерно в 2 раза (Рахтеенко, 1959, 1963).

У большинства древесных пород активные корни обновляются в течение года 4–8 раз (Рахтеенко, 1959, 1963). Если это выразить численно как отношение суммарного прироста массы живых и отмерших тонких корней к среднему за год значению их массы, представляющее собой относительный массооборот (или индекс массооборота), то последний в данном случае равен 4–8, что примерно соответствует данным М. Кэннела (Cannell, 1989) о наличии 2–5-кратного массооборота тонких корней деревьев в течение вегетационного сезона. Последний феномен комментируется М. Кэннелом как одно из наиболее важных достижений лесной биологии последних десятилений.

Однако этот вывод противоречит результатам других исследователей. На основе базы данных для разных природных зон, составленной по 190 публикациям была получена (Gill, Jackson, 2000) диаграмма распределения массооборота тонких корней в зависимости от их толщины (рис. 2.19), согласно которой этот показатель даже для самой тонкой фракции не превышает 1,25. По данным И. Янссенса с соавт. (Janssens et al., 2002), у 70-летней сосны обыкновенной массооборот корней толщиной < 1 мм равен 0,80, а толщиной 1–2 мм – 0,30. Аналогичные показатели для сосны Эллиота составили 0,67 и 0,22 соответственно (Gholz et al., 1986). В девственном букво-дубовом насаждении Центральной Японии массооборот тонких (< 2 мм) корней варьирует от 0,91 до 0,29, в среднем 0,5 (Tateno et al., 2004). В еще большей степени выводы И.Н. Рахтеенко (1963) и М. Кэннела (Cannell, 1989) противоречат данным А. Я. Орлова (1967) и Н. В. Лобанова (1971) о массообороте сосущих (< 0,6 мм) корней не выше 0,2–0,4.

В этой связи можно отметить наличие двух взаимоисключающих зависимостей массооборота тонких корней от их наличной массы. Согласно первой из них, масса тонких корней и продолжительность их жизни возрастают при переходе от благоприятных к жестким условиям произрастания (Базилевич, Родин, 1968; Будаев, 1971; Усольцев, Крешкий, 1986), т. е. между массооборотом тонких корней и их наличной массой существует обратная зависимость. В то же время Кристина Вогт с соавт. (Vogt et al., 1986б) установили для хвойных лесов умеренной и бореальной зон положительную зависимость (рис. 2.20).

Электронный архив УГЛТУ

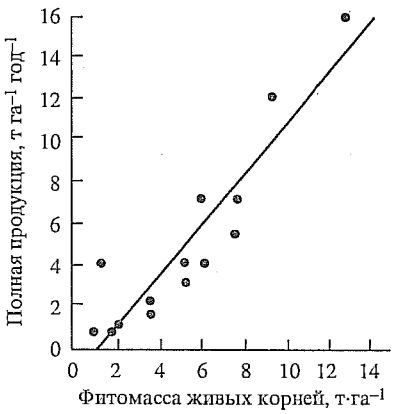


Рис. 2.20. Взаимосвязь между массооборотом всех тонких корней и фитомассой живой их фракции в хвойных насаждениях умеренной и бореальной зон, выражаемая зависимостью $Y = -1195 + 1{,}22X$; $R^2 = 0{,}86$ (Vogt et al., 1986б)

Вторая (методологическая) неопределенность связана с упомянутыми выше результатами А.Я. Орлова (1967) и И.Н. Рахтеенко (1960, 1963). Исследуя в пределах европейской части бывшего СССР одни и те же древесные виды, они получили совершенно несовместимые результаты: по данным первого, *NPP* тонких корней равна 0,2–0,4 от их наличной массы, а у второго NPP_{tr} превышает в 4–8 раз их наличную массу.

Литературные сведения по NPP_{tr}, полученные на основе современных методик, в том числе с применением миниризотронов, свидетельствуют о том, что *NPP* корней может превышать в разы *NPP* надземной фитомассы и даже *NPP* листвы. Наш анализ многочисленной мировой литературы последних лет по методам оценки *NPP* корней, в том числе с применением миниризотронов, приводит к заключению, что все ранние оценки *NPP* корней, выполненные «деструктивными» методами, были занижены, и в действительности они значительно выше *NPP* надземной фитомассы.

Таким образом, третий вопрос Ф. Реза (Resa, 1878) остается пока без ответа.

Эколого-физиологические аспекты массооборота тонких корней. Функционирование корней оптимально при максимальной эффективности использования ресурсов, т. е. усвоения элементов питания и влаги на единицу связанного углерода (Eissenstat, Van Rees, 1994). Интенсивный массооборот тонких корней объясняют «адаптивной стратегией» растения (Fogel, 1983). Например, при стрессовом состоянии дерева в засуху недельный расход энергии корнями эквивалентен их собственной сухой массе. Высокие издержки на дыхание поддержания обеспечивают снижение массы корней в период засухи, определяя тем самым соответствующую степень устойчивости дерева. Энергетические вложения в подземную сферу сосны Эллиота в виде повышенных затрат тонких корней на их дыхание увеличиваются также с возрастом дерева (Gholz et al., 1986). Кроме того, согласно «адаптивной стратегии» растения, интенсивный массооборот корней предполагает быстрое освоение новых пространств почвы вновь формируемыми корнями по мере исчерпания элементов питания и воды в сфере размещения отмирающих корней (Reynolds, 1975).

Таким образом, интенсивный массооборот тонких корней растения обусловливает повышенные затраты энергии и элементов питания, тогда как длительный срок жизни корней означает пониженную интенсивность и эффективность потребления ресурсов среды (Schoettle, Fahey, 1994).

Поскольку для корней доступность ресурсов среды может стать лимитирующей на отдельных этапах вегетационного периода, оптимальная продолжительность их жизни трудно предсказуема. Интенсивный массооборот корней соответствует лучшим условиям произрастания, при которых эффективность потребления ресурсов среды, по-видимому, максими-

Электронный архив УГЛТУ

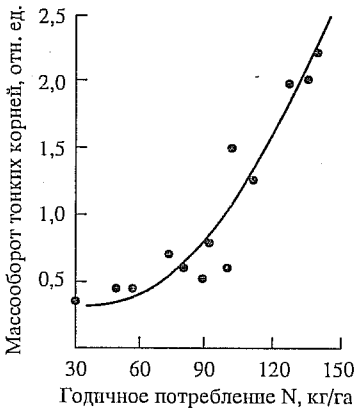


Рис. 2.21. Зависимость массооборота тонких корней деревьев от годичного количества доступного азота в зоне умеренных лесов (Aber et al., 1985). Линия регрессии: $Y = 0{,}789 - 0{,}0191X + 0{,}000211X^2$; $R^2 = 0{,}95$

зируется посредством сокращения продолжительности жизни корней. Одновременно возрастает эффективность потребления ресурсов и снижаются затраты по жизнеобеспечению корней. Напротив, повышенная продолжительность жизни корней более характерна для условий жесткой конкуренции в бедных местообитаниях, когда необходимо избегать потерь элементов питания в результате отпада корней (Crick, Grime, 1987; Janssens et al., 2002).

Сказанное выше можно наглядно проиллюстрировать обобщенной положительной зависимостью годичного массооборота тонких корней в лесах умеренной зоны от годичного потребления азота (рис. 2.21) – элемента, дефицит которого в растительном сообществе обычен по той простой причине, что, за исключением углерода, это единственный элемент, который находится в газообразном состоянии и интенсивно улетучивается из экосистемы (Schlesinger, 1991). По мере обострения дефицита азота в местообитании у древесного растения возрастает масса тонких корней, но снижается их массооборот в корнеобитаемой толще. Поскольку массооборот тонких корней характеризует одновременно круговорот двух наиболее представленных в массе корней элементов питания – углерода и азота, то круговороты этих двух элементов в абсолютных единицах должны быть взаимообусловлены, что и показано на рис. 2.22, правда, на более высоком уровне – полного почвенного обменного цикла того и другого элемента (Ågren, Bosatta, 1987).

В соответствии с теоретической зависимостью между относительной скоростью роста и концентрацией азота в растении (Ågren, Bosatta, 1996; Nadelhoffer, 2000) выделяют четыре характерных диапазона воздействия лимитирующего фактора, в данном случае азота: а) «безответный», или диапазон воздействия, недостаточного для роста; б) положительного отклика, в) стабилизации и г) интоксикации (рис. 2.23). Данная зависимость приемлема для широкого круга различных исследований в координатах *доза–эффект* с применением гербицидов (растениеводство), инсектицидов (защита растений), антисептиков (защита древесины), лекарств (фармакология) и др. (Bliss, 1935;

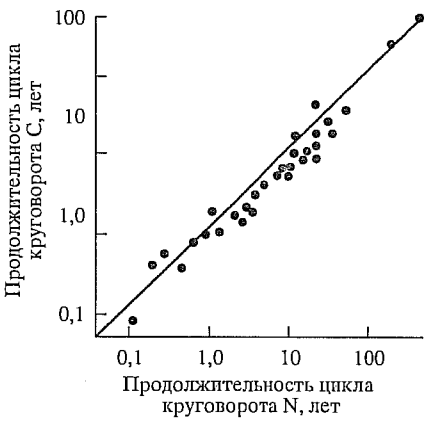


Рис. 2.22. Взаимосвязь циклов круговорота почвенного углерода и азота для совокупности наземных экосистем, характеризуемая коэффициентом корреляции 0,97 (Ågren, Bosatta, 1996). Использованы опубликованные данные (Родин, Базилевич, 1965а; Cole, Rapp, 1981, Ågren, Bosatta, 1987)

Электронный архив УГЛТУ

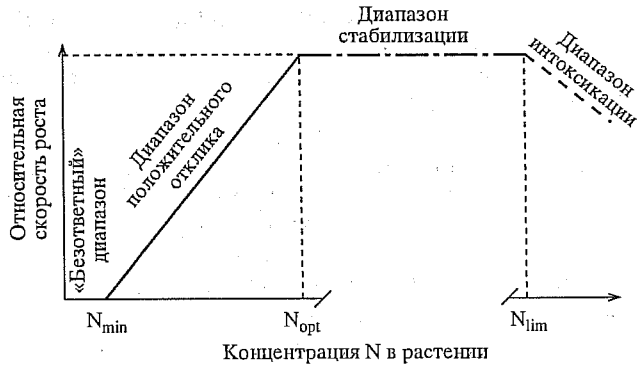


Рис. 2.23. Принципиальное соотношение между относительной скоростью роста и концентрацией азота в растении (Ågren, Bosatta, 1996). N_{min}, N_{opt} и N_{lim} – соответственно минимальная, оптимальная и предельная концентрации азота

Гар, 1963; Беленький, 1963; Беленков, 1991).

Более детально эта общая зависимость показана на рис. 2.24, где выделены потоки по массе листвы и корней, массообороту корней и освобождению NO_3 (Nadelhoffer, 2000). Отсюда следует вывод о том, что возрастание массооборота тонких корней (или снижение продолжительности их жизни) по градиенту доступности азота в диапазоне положительного отклика (см. рис. 2.21) может обусловить увеличение продукции тонких корней, даже если учитывать, что их наличная фитомасса обычно уменьшается вдоль такого градиента (Aber et al., 1985; Nadelhoffer et al., 1985; Vogt et al., 1986б; Nadelhoffer, 2000).

Однако имеются точки зрения, прямо противоположные изложенной выше. Согласно одним из них (Deans, 1979; Santantonio, Hermann, 1985; Cannell, 1989), величина и интенсивность массооборота тонких корней резко снижаются в условиях повышенного обеспечения элементами питания и влагой. Соответственно массооборот тонких корней интенсивнее в условиях нехватки элементов питания и периодического иссушения почвы в сравнении с богатыми местообитаниями при стабильном увлажнении.

Согласно другим исследователям (Grier et al., 1981; Vogt et al., 1986б; Gower et al., 1992), по мере роста доступности азота увеличивается лишь надземная продукция, а продуцирование тонких корней обратно пропорционально росту как надземной продукции, так и доступности азота.

Наряду с двумя приведенными полярными мнениями, тонкие корни характеризуются и как индифферентные к почвенному питанию, например отмечается отсутствие связи массооборота тонких (< 2 мм) корней девственного буково-дубового насаждения с запасом доступного поч-

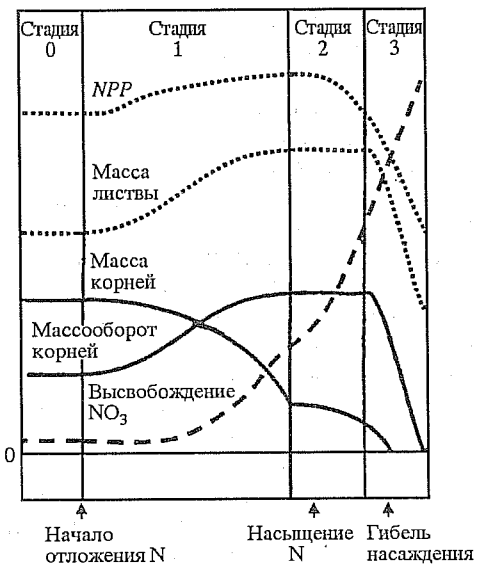


Рис. 2.24. Гипотетическая реакция лимитированной по азоту экосистемы (*NPP*, масса листвы, тонких корней, массооборот корней и высвобождение NO_3) на непрерывно возрастающее отложение азота (Nadelhoffer, 2000)

Электронный архив УГЛТУ

венного азота (скоростью его минерализации) по высотному градиенту в горах Центральной Японии, тогда как массооборот стволов, ветвей и скелетных корней связан с этим показателем довольно тесно (R = 0,81–0,82) (Tateno et al., 2004).

Обсуждение эколого-физиологических аспектов и неопределенностей, связанных с динамикой продукции тонких корней, в том числе доступностью азота, Кнут Надельхоффер (Nadelhoffer, 2000) заканчивает следующими словами: «Большинство исследователей природы взаимосвязи между продукцией тонких корней деревьев и доступностью азота сомневаются в наличии некой общей взаимосвязи между продукцией корней и наличием доступного азота в лесной почве. Однако ввиду недостаточной надежности оценок продукции тонких корней мы не можем безоговорочно принять нуль-гипотезу» (с. 152).

Нет единого мнения также в отношении возрастного изменения массооборота тонких корней: согласно одним данным (Persson, 1983) у сосны обыкновенной с возрастом он снижается, а по другим (Helmisaari et al., 2002) – увеличивается.

До сих пор неясно, чем обусловлены подобные противоречия в выводах: применением разных, недостаточно корректных методов, несопоставимостью условий среды или иными неучтенными факторами. Не дает ответа и объяснение, выдвинутое американскими учеными (Joslin, Henderson, 1987): различия и противоположные оценки массооборота тонких корней связаны с видовой и эдафической спецификой количества энергии, затрачиваемой тем или иным насаждением на поддержание деятельности тонких корней.

По-видимому, прежде всего необходимо разрабатывать адекватные методы определения первичной продукции тонких корней. Рассмотрим несколько конкретных примеров.

Пример 1. Как уже упоминалось, одним из способов определения NPP_{tr} является последовательное взятие монолитов (5–10 повторностей в течение сезона) с последующим расчетом суммы положительных разностей между максимальным и минимальным значениями массы. Поясним сказанное на примере лириодендрона тюльпанного, тонкие корни которого учитывались в 1971–1973 гг. (Harris et al., 1977).

Каждая точка на рис. 2.25 представляет собой среднее из четырех повторностей. Годичный прирост тонких корней Δp_{tr} определен как сумма положительных разностей между «пиками» (экстремальными точками): первая – между январем и концом февраля (Δ = +325 г/м^2), вторая – между маем и сентябрем (Δ = +580 г/м^2); годичный прирост Δp_r = 325 + 580 = 905 г/м^2. Годичный отпад Δp_{mort} рассчитан как сумма отрицательных разностей между экстремальными точками: первая – между концом февраля и маем (Δ = –500 г/м^2), вторая – между сентябрем и декабрем (Δ = –400 г/м^2); годичный отпад Δp_{mort} равен их алгебраической сумме: (–500) + (–400) = –900 г/м^2.

Полученное значение 905 г/м^2 фактически представляет собой не NPP_{tr}, а текущий прирост, поскольку не учитывается отпад тонких корней. Например, предполагается, что положительные разности 325 и 580 г/м^2 на рис. 2.25 представляют собой чистый прирост тонких корней сооответственно с января до конца февраля и с мая по сентябрь. В действительности процесс отмирания тонких корней в результате исчерпания влаги и элементов питания, доступных в контактирующих с ними частицах почвогрунта, и

Электронный архив УГЛТУ

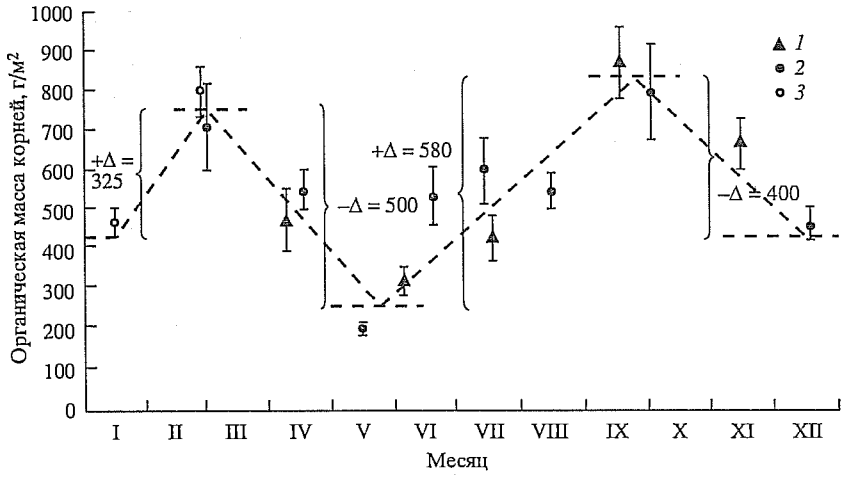


Рис. 2.25. Сезонная динамика тонких корней (< 5 мм) у тюльпанного дерева (лириодендрона), полученная методом монолитов в течение 1971 (*1*), 1972 (*2*) и 1973 гг. (*3*) (Harris et al., 1977). Пояснения см. в тексте

в силу чисто физиологических причин происходит непрерывно (Колесников, 1962; Reynolds, 1975). И неизвестно, какое количество корней в течение двух названных промежутков времени отмерло и подверглось разложению.

Дополнительную неопределенность в проблему вносит несогласованность методов оценки. Одни определения основаны на разности значений массы только живых корней (Deans, 1981; Grier et al., 1981; McClaugherty et al., 1982; Scarascia-Mugnozza et al., 2000), другие – на суммарной разности живых и отмерших корней (Harris et al., 1977; Persson, 1978, 1979; Santantonio, 1980; Keyes, Grier, 1981; Failey, Alexander, 1985; Santantonio, Hermann, 1985; Gholz et al., 1986).

Пример 2. Е. Форд и Дж. Динс (Ford, Deans, 1977), не получив достоверной разницы между значениями концентрации тонких корней (< 1,0 мм) для 11-летней плантации ели ситхинской в начале и конце вегетационного периода, приходят к заключению, что, несмотря на некоторый прирост корней в зимний период, система тонких корней достигла некоторой формы динамического равновесия, при котором среднее значение концентрации остается неизменным.

Концепцию динамического равновесия в терминах массооборота тонких корней американские ученые (Joslin, Henderson, 1987) трактуют следующим образом: поскольку три самостоятельных процесса – продуцирование, отпад и разложение тонких корней – находятся в динамическом равновесии, в идеальном варианте необходимо выполнять количественные определения каждого из них и рассчитывать массооборот как среднее трех полученных величин. Но, исходя из того же равновесного статуса трех процессов, авторы полагают возможным определять лишь одну из трех составляющих, а именно, скорость разложения тонких корней как наименее трудоемкую и наиболее точную операцию. Правда, подобная оценка чистой продукции корней в насаждении дуба белого по их данным оказалась заниженной на 10 % по сравнению с величиной, полученной путем усреднения значений трех процессов.

Электронный архив УГЛТУ

		Живые корни	
		Увеличение	Уменьшение
Отмершие корни	Увеличение	$p = \Delta p_{liv} + \Delta p_{mort}$ $p_{mort} = \Delta p_{mort}$ $p_{dec} = 0$	$p = \Delta p_{liv} + \Delta p_{mort}$ или 0 $p_{mort} = \Delta p_{mort}$ или $-(\Delta p_{liv})$ $p_{dec} = (-\Delta p_{liv}) - \Delta p_{mort}$ или 0
	Уменьшение	$p = \Delta p_{liv}$ $p_{mort} = \Delta p_{liv}$ $p_{dec} = (-\Delta p_{mort})$	$p = 0$ $p_{mort} = (-\Delta p_{mort})$ $p_{dec} = (-\Delta p_{liv}) + (-\Delta p_{mort})$

Рис. 2.26. «Матрица выбора», иллюстрирующая алгоритм оценки продукции, отпада и разложения тонких корней (McClaugherty et al., 1982)

Пример 3. Заслуживает внимания алгоритм определения NPP_{tr}, предложенный Д. Сантантонио (Santantonio, 1980) и успешно примененный его последователями (McClaugherty et al., 1982; Fairley, Alexander, 1985; Helmisaari et al., 2002). При этом авторы исходят из предпосылки, что даже при ежемесячном учете тонких корней путем суммирования положительных разностей фактическая продукция теряется (занижается) вследствие непрерывного и интенсивного отмирания тонкой фракции. Поэтому определению подлежит не только суммарное приращение массы корней, но также их отпад и разложение путем включения в расчет всех изменений наличной массы тонких корней: как живых, так и отмерших, как статистически достоверных, так и недостоверных, за период между двумя последовательными выборочными учетами.

Алгоритм представлен в виде четырех квадрантов «матрицы выбора» (рис. 2.26). Нужный квадрант выбирается в зависимости от направления изменения наличной массы живых и отмерших тонких корней (соответственно Δp_{liv} и Δp_{mort}) за период между двумя выборочными учетами. Величины продукции, отпада и разложения (соответственно p, p_{mort} и p_{dec}) в течение этого периода рассчитываются с использованием уравнений, помещенных в выбранном квадранте. Если приходится делать выбор между какими-то двумя уравнениями, то предпочтение отдается тому, которое дает более низкую оценку. Годичная оценка представляет собой сумму полученных значений за все периоды выборочного учета в течение года.

Как уже упоминалось выше, при самых первых попытках определения первичной продукции тонких корней исходили из предположения, что в течение года есть лишь два пика массы тонких корней – один максимальный и один минимальный, и продукцию определяли по их разности (max-min method) без учета отпада корней за промежуток времени между пиками. Покажем (табл. 2.1) возможные расхождения в результатах оценки продукции тонких корней с учетом лишь одного годичного перепада их массы (max-min method) и с учетом ежемесячных перепадов, суммируемых в течение года без оценки их статистической достоверности (метод «матрицы выбора») на примере двух насаждений – 53-летней плантации сосны смолистой и 80-летнего смешанного твердолиственного древостоя (McClaugherty et al., 1982).

Результаты сравнения показали, что обе выделенные размерные фракции имеют примерно равные вклады в общую продукцию тонких корней, а метод max-min по сравнению с методом «матрицы выбора» дал оценку продукции, меньшую в 2,1–2,7 раза. Однако точно сказать нельзя, какой из них дает истинную величину продукции: или недоучитывается

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 2.1

Результаты определения *NPP* очень тонких (< 0,5 мм) и тонких (0,5–3,0 мм) корней в твердолиственном насаждении и плантации сосны смолистой (штат Массачусетс, США; McClaugherty et al., 1982), т/га

Почвенный горизонт	Твердолиственный древостой				Плантация сосны смолистой			
	I		II		I		II	
	а	б	а	б	а	б	а	б
Подстилка	1,7	1,0	3,3	2,8	1,0	0,3	2,5	1,0
0–15 см	0,7	1,0	1,9	2,1	1,0	0,9	3,4	2,3
> 15 см	0,2	0,8	0,6	0,7	0,2	0,7	0,5	1,2
Итого	2,6	2,8	5,8	5,6	2,2	1,9	6,4	4,5
Всего	5,4		11,4		4,1		10,9	

Примечание: I – метод max-min, II – метод «матрицы выбора»; а – диаметр корней < 0,5 мм, б – диаметр корней 0,5–3,0 мм.

отпад корней в первом случае, и тогда приоритет за вторым методом, или завышается оценка во втором случае вследствие чувствительности второго метода к ошибке выборки (Nadelhoffer, Raich, 1992), и тогда приоритет за первым методом.

Пример 4. Чтобы обеспечить более надежные результаты по NPP_{tr}, предлагают применять *статистические методы*. Исследуемый интервал времени A_2–A_1 (сезон или год) разбивается на периоды (например, 2-недельные) выборочного учета тонких корней с выемкой монолитов либо кернов. Размер выборки при этом должен обеспечивать статистически значимые величины как наличной массы тонких корней, так и их прироста за период времени между двумя последовательными выборками. В зависимости от принятого уровня значимости размер выборки может варьировать от 13 до 976 определений (монолитов). При взятии 25 монолитов, равномерно распределенных по площади елового древостоя, точность определения массы тонких корней находится в пределах 10 % (Абражко, 1983). При расчете количества сосущих корней липы достоверная оценка на уровне t_{01} была обеспечена при 4 повторностях (Колесников, 1962). В случае использования бура диаметром 7 см необходимо брать не менее 5 почвенных кернов, однако при малой интенсивности и выраженной неравномерности заполнения ризосферы корнями количество повторностей должно быть увеличено (Böhm, 1979). Суммирование *статистически значимых* приростов, полученных в течение сезона, даст NPP_{tr}.

Одни исследователи доказывают потенциальное занижение продукции при подобном подходе (Persson, 1978; Fairley, Alexander, 1985; Santantonio, Hermann, 1985; Vogt et al., 1986a), тогда как другие эту точку зрения не поддерживают, утверждая, что варьирование выборки при определении массы тонких корней может завысить оценку продукции и отпада и показать бóльшую степень их «динамичности», чем на самом деле (McClaugherty et al., 1982; Singh et al., 1984; Lauenroth et al., 1986). В этой связи в расчет вводятся соответствующие «поправки на завышение» (Persson, 1978).

Порядок определения NPP_{tr} с учетом их массооборота путем суммирования статистически значимых приростов можно показать на примере двух

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 2.2

Сезонное варьирование массы живых и отмерших тонких корней (< 1 мм) бука и ели (Stober et al., 2000)

Дата выборочного учета	Масса тонких корней в абсолютно сухом состоянии, г/м²				Отношение масс корней (живые : отмершие)
	Живые	Отмершие	Итого	Положительная разность общей массы между двумя учетами	
Бук лесной					
Май 1996 г.	94	75	169		2,13
Июль 1996 г.	43	139	183	14	0,37
Сентябрь 1996 г.	120	111	231	48	1,30
Октябрь 1996 г.	79	74	154		1,10
Май 1997 г.	77	151	229	75	0,63
В среднем	83	110			
Ель европейская					
Май 1996 г.	70	45	115		3,01
Июль 1996 г.	63	64	127		1,13
Сентябрь 1996 г.	56	38	93		1,76
Октябрь 1996 г.	40	37	77		2,46
Май 1997 г.	57	97	155	78	0,91
В среднем	57	56			

пробных площадей, заложенных в ходе выполнения трансевропейского проекта NIPHYS/CANIF на востоке Франции (Обэр) в насаждениях соответственно бука лесного и ели европейской (Stober et al., 2000). Тонкие корни (< 1 мм) брали с мая 1996 г. по май 1997 г. с помощью цилиндрического бура диаметром 4,5 см послойно, до глубины проникновения корней (40 см). Выполнено 6 выборочных учетов, каждый в 20-кратной повторности. Результаты приведены в табл. 2.2.

NPP_{tr} рассчитана как сумма положительных разностей общей массы (живых + отмерших) корней между каждыми двумя последовательными выборочными учетами: у бука – 137 г/м² (14 + 48 + 75), у ели – 78 г/м². Аналогично были получены значения накопленной за год массы отмерших корней (некромассы): у бука – 141 г/м² (64 + 77), у ели – 60 г/м². При суммировании принимали в расчет лишь статистически достоверные положительные разности. У ели между первыми двумя выборочными учетами (в мае и июле 1996 г.) положительные разности составили по общей массе 12 (127 – 115) г/м², по некромассе – 19 (64 – 45) г/м². Поскольку эти разности относительно невелики и статистически недостоверны, то они исключены из расчета (табл. 2.3).

При расчете индекса массооборота тонких корней в его числитель указанные авторы включили не только годичную продукцию общей массы (живых + отмерших) корней, но и положительную разность общей массы между последним (май 1997 г.) и первым (май 1996 г.) выборочными учетами. Эта последняя положительная разность для бука составила 60 (229 – 169), для ели – 40 (155 – 115) г/м². Таким образом, для бука и ели получены следующие индексы массооборота тонких корней: (137 + 60) : 83 = 2,4 и (78 + 40) : 57 = 2,1 соответственно (см. табл. 2.3).

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 2.3

Средние за год значения массы живых и отмерших тонких корней, их годичная продукция, накопленная за год некромасса и значения индекса массооборота (Stober et al., 2000)

Древесная порода	Средняя за год масса корней, г/м²		Годичная продукция корней, г/м²	Накопленная за год некромасса, г/м²	Индекс массооборота
	живых	отмерших			
Бук	83	110	137	141	2,4
Ель	57	56	78	60	2,1

Пример 5. Под влиянием дискуссии, развернутой в 1980-х гг. по проблеме оценки NPP_{tr}, индийские ученые (Sundarapandian, Swamy, 1996) провели специальное исследование на одних и тех же 8 объектах тропического дождевого леса и сопоставили результаты определений продукции тонких корней по четырем методам, три из которых выполнены посредством периодического (один раз в месяц) отбора почвенных монолитов, случайно распределенных по площади (размер выборки $n = 10$). Затем была рассчитана продукция тонких (< 1 мм) корней путем:

- суммирования всех положительных изменений массы корней между двумя последовательными учетами (Fairley, Alexander, 1985);
- суммирования лишь статистически значимых положительных изменений массы корней (Lauenroth et al., 1986);
- нахождения разности между максимальным и минимальным значениями массы корней за весь период наблюдений – max-min method (McClaugherty et al., 1982).

Четвертый вариант определения продукции корней (< 2 мм) выполнен по методу «емкости врастания», представляющей собой монолит размером 15×15×25 см, периодически (раз в 2 месяца) выкапываемый из почвы в фиксированной точке ($n = 10$). После тщательного просеивания через сито с отверстиями 2 мм почва возвращалась на прежнее место и утрамбовывалась. В табл. 2.4 приведены результаты определений лишь по трем методам, по-

Таблица 2.4

Годичная продукция (г/м²) тонких корней, определенная по трем методам (Sundarapandian, Swamy, 1996)

№	Метод выборочного учета	Листопадный лес		Лес смешанного типа		Вечнозеленый лес I		Вечнозеленый лес II	
		I	II	I	II	I	II	I	II
1	Суммирование положительных приращений (< 1 мм)	662	541	580	604	566	607	472	530
2	Разность между максимальным и минимальным значениями (< 1 мм)	371	302	301	286	269	323	246	258
	В долях к (1)	0,56	0,56	0,52	0,47	0,48	0,53	0,52	0,49
3	Метод «емкости врастания» (< 2 мм)	262	178	186	210	188	226	175	224
	В долях к (1)	0,40	0,33	0,32	0,35	0,33	0,37	0,37	0,42
	В долях к (2)	0,71	0,59	0,62	0,73	0,70	0,70	0,71	0,87

Примечание: I – редина, II – сомкнутый полог.

Электронный архив УГЛТУ

скольку все положительные разности между двумя последовательными учетами тонких корней оказались статистически незначимыми на уровне t_{05}.

Метод (max-min) авторы считают наиболее приемлемым для этих условий, поскольку есть лишь один максимум (в конце периода дождей) и один минимум (в конце засушливого периода) за весь год. Первый метод имеет тенденцию к завышению результата вследствие его чувствительности к ошибке выборки (Nadelhoffer, Raich, 1992), особенно при неравномерном распределении корней по площади (Kurz, Kimmins, 1987), что и подтвердило в данном случае почти двукратное завышение результата по отношению ко второму методу. Метод «емкости врастания» занижает результат по сравнению со вторым методом в среднем на 30 % вследствие, как уже отмечалось, замедленного освоения поврежденными корешками нового, каждый раз нарушаемого почвенного субстрата. На этом основании они заключили, что метод «емкости врастания» нельзя применять для определения продукции корней.

Пример 6. Упоминавшееся выше совмещение традиционного деструктивного метода оценки NPP_{tr} с современным методом использования миниризотрона может быть осуществлено несколькими путями. Один из вариантов применен Р. Хендриком и К. Прегитцером (Hendrick, Pregitzer, 1993) на клене сахарном в США. В начале вегетационного сезона (в апреле) была определена масса тонких (< 2 мм) корней (6,89 т/га) путем взятия почвенных кернов диаметром 5,08 см и длиной 30 см, случайным образом распределенных по пробной площади.

Одновременно с помощью миниризотрона измерена длина всех взятых на учет и закодированных корневых окончаний (мм), затем ее делением на площадь сканирования миниризотрона ($см^2$) рассчитана удельная длина тонких корней (3,60 мм/$см^2$). Далее путем последовательных записей (всего 14) роста (новообразования) всех тонких корней в течение года находится их годичная удельная длина (3,83 мм/$см^2$) и рассчитывается показатель относительной годичной удельной длины путем деления второй величины на первую (3,83 : 3,60 = 1,06). Умножением полученной относительной цифры (1,06) на массу тонких корней в начале периода наблюдения (6,89 т/га) получили годичную продукцию живых тонких корней (7,30 т/га).

Годичный отпад тонких корней определяется одновременно с их приростом и включает в себя суммарную длину всех взятых на учет корневых окончаний, которые отмерли или исчезли вследствие разложения в течение года. В данном случае годичная удельная длина отмерших тонких корней составила 2,56 мм/ $см^2$. Ее относительную величину рассчитали путем деления последней на удельную длину живых тонких корней в апреле, т. е. 2,56 : 3,60 = 0,71. Тогда масса годичного отпада тонких корней составит 6,89×0,71 = 4,89 т/га, полная годичная продукция тонких корней – 7,30 + 4,89 = 12,19 т/га, а их годичный массооборот – 12,19 : 6,89 = 1,77.

Достоинства изложенного метода определения NPP_{tr} очевидны. Прежде всего, этот метод менее трудозатратен и обеспечивает круглогодичное фиксирование всех корневых окончаний, находящихся в обзоре видеокамеры, исключает какой-либо недоучет прироста, отпада и разложения массы корней в промежутках между периодическими выборочными оценками с помощью традиционных почвенных кернов. Например, Сара Стил с соавт. (Steele et al., 1997) в насаждениях ели черной и сосны Банкса установили 2–4-крат-

Электронный архив УГЛТУ

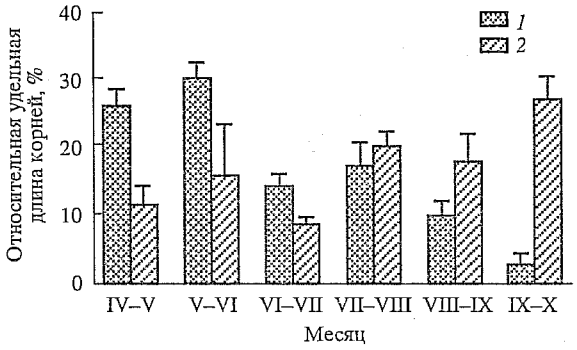


Рис. 2.27. Сезонная динамика новообразования (*1*) и отпада (2) тонких корней (< 2 мм) в относительных единицах их длины в 74-летнем насаждении клена сахарного (Hendrick, Pregitzer, 1993)

ное занижение результатов, полученных по «кернам врастания», относительно данных миниризотронов.

Далее, метод снимает проблему завышения/занижения продукции корней при суммировании только статистически значимых разностей, либо всех положительных разностей между периодическими учетами и, наконец, снимает проблему учета временно́го сдвига между процессами продуцирования, отпада и разложения тонких корней, особенно актуальную при имитационных экспериментах, и может внести бо́льшую ясность в понимание периодичности прироста тонких корней и ее причин.

Последнее получает наглядное подтверждение при сопоставлении сезонной динамики первичной продукции тонких корней (рис. 2.15 и 2.27), полученной на одном и том же объекте (Hendrick, Pregitzer, 1993). Выше в подразделе «О периодичности в формировании тонких корней» приводились многочисленные примеры наличия двух максимумов роста корней – весеннего и осеннего, хотя в некоторых исследованиях констатировался лишь один летний максимум, например закономерность, показанная на рис. 2.15. Однако непрерывное видеонаблюдение за фиксированными корневыми окончаниями позволило в режиме реального времени проанализировать динамику как новообразования, так и отпада тонких корней, что в совокупности и определяет их первичную продукцию (см. рис. 2.27). Оказывается, бимодальность сезонной динамики первичной продукции есть следствие сложения двух мономодальных распределений, пики которых сдвинуты во времени: первый (весенний) пик относится к новообразованию тонких корней, а второй (осенний) – к их отпаду, и никакого противоречия или отступления от концепции бимодальности фактически нет.

Конечно, данный вывод не претендует на всеобщность феномена, и это видно из рис. 2.16, где тоже показана раздельная динамика вновь образовавшихся и исчезнувших тонких корней, полученная посредством миниризотрона: смещение их пиков очевидно лишь для 1995 г.

Пример 7. Иной способ совмещения данных традиционного деструктивного определения NPP_{tr} с результатами их круглогодичного видеонаблюдения с помощью миниризотрона осуществлен Ш. Ваном с соавт. (Wan et al., 2004). Труба миниризотрона вставляется в почву под углом 60° к вертикали, ее верхний конец закрывается резиновой пробкой и сверху вся конструкция накрывается светоизоляционной пластиной из черного пенопласта.

Вначале по данным видеонаблюдений определяются длина и толщина каждого корневого окончания, регистрируются их приросты, отмирание и разложение (исчезновение изображения). Тонкие корни регистрируются по шести категориям: вновь появившиеся, белые, коричневые, отмершие, ис-

Электронный архив УГЛТУ

чезнувшие и видимые, но недоступные для измерения вследствие плохого качества изображения.

Чтобы почва и тонкие корни восстановились после их повреждения при установке миниризотрона, эта операция производится за 3–6 мес. до начала наблюдений. Продукция тонких корней за истекший период рассчитывается как разность общей длины живых корней на моменты окончания и начала наблюдений. Отпад тонких корней за тот же период рассчитывается как общая длина отмерших или исчезнувших корней в течение периода наблюдений без учета отмерших и исчезнувших корней за предыдущий период. Выборки корней взвешиваются, затем помещаются между стеклами, производится их видеосъемка, результаты оцифровываются и с использованием компьютерной программы ROOTS определяется их длина. Общая зарегистрированная длина корней (м) суммарно по 90 последовательным записям с площадью каждого видеоизображения 223 мм^2 (12,4×18,0 мм) пересчитывается на единицу площади видеоизображения (м^2), т. е. определяется удельная длина корней. Для перевода полученных значений удельной длины корней в единицы массы рядом с трубой миниризотрона извлекаются почвенные керны, корни из которых сортируются по толщине и для тонкой фракции рассчитывается удельная масса корней (г/м). Умножением полученных значений удельной массы корней на общую длину вновь образовавшихся и отпавших корней получили первичную продукцию тех и других и рассчитали общую первичную продукцию тонких корней на 1 га.

Далее было выполнено сравнение значений NPP_{ir}, определенной с помощью миниризотрона и традиционным методом периодического отбора почвенных кернов. При этом толщину сканируемого слоя почвы вдоль трубы миниризотрона приняли равной 0,2 см (Merrill, Upchurch, 1994) и путем деления на толщину слоя удельной длины корней (мм/см^2) получили длину корней в единице объема почвенного керна (мм/см^3), а после умножения последней на глубину взятия кернов – первичную продукцию тонких корней (т/га). Несмотря на некоторые допущения, полученные по двум разным методам, результаты оказались очень близкими.

Сарой Стил с соавт. (Steele et al., 1997) переход от удельной длины вновь образовавшихся и отмерших корней к их массе был упрощен в результате использования значений удельной массы корней, полученных для ели черной, сосны Банкса и тополя осинообразного другими авторами.

В любом случае совмещение метода миниризотрона с традиционным деструктивным дает несколько бóльшую совокупную ошибку выборки, равную произведению ошибок оценки по каждому из составляющих методов. Дебора Кларк с соавт. (Clark et al., 2001) полагают, что наиболее перспективно совмещение метода миниризотрона с использованием «матрицы выбора» по четырем квадрантам (см. рис. 2.26).

Пример 8. Дж. Эфрат с соавт. (Ephrath et al., 1999) исследовали возможности калибровки данных удельной длины корней акации и пшеницы, т. е. суммарной длины корней, приходящейся на единицу почвенного объема (*RLD*, см/см^3), полученных методом миниризотрона, по результатам взятия почвенных кернов. Оказалось, что показатели *RLD*, полученные по двум методам, различаются несущественно и угол установки трубы миниризотрона (вертикально или под 45°), а также повреждения почвы и корней при установке трубы миниризотрона не влияют на точность оценки.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 2.5

Определение NPP_{tr} по фракционной структуре фитомассы корней и продолжительности жизни каждой фракции в напочвенном покрове твердолиственного насаждения (штат Нью Гемпшир, США; Tierney, Fahey, 2001)

Диаметр фракции, мм	Доля фракции в общей фитомассе	Средняя продолжительность жизни корней, лет	NPP_{tr}, г/м²/год
< 0,3	0,10	0,65	40
0,3–0,4	0,21	0,76	72
0,4–0,6	0,39	1,03	99
0,6–1,0	0,30	0,95	82
Итого	–	–	293

Пример 9. Г. Тирней и Т. Фахей (Tierney, Fahey, 2001) при определении NPP_{tr} методом миниризотрона исходили из того, что если средняя годичная фитомасса тонких корней достаточно стабильна, то NPP_{tr} (г/м² в год) может быть рассчитана как отношение их фитомассы (г/м²) к средней продолжительности жизни (лет), т. е. к величине, обратной массообороту (1/год). Подобный расчет допустим лишь в том случае, если массооборот длины тонких корней, определяемый с помощью миниризотрона, адекватен массообороту их фитомассы. Поскольку отношение массы к длине корня зависит от диаметра последнего, то путем взятия серии почвенных монолитов сечением 4×4 см авторы определили фракционную структуру фитомассы тонких корней (табл. 2.5), а продолжительность жизни каждой фракции установили с помощью миниризотрона. Для каждой фракции NPP_{tr} была рассчитана как отношение ее фитомассы к продолжительности жизни, а общая – как суммарная величина, взвешенная по доле участия каждой фракции в общей массе тонких корней.

Позднее эти же авторы (Tierney, Fahey, 2002) модифицировали метод миниризотрона и сопоставили его результаты с данными, полученными радиоуглеродным методом. Корни делили на четыре градации толщины, но в более узком диапазоне – от 0,2 до 0,5 мм. Поскольку распределение корней по возрасту оказалось не симметричным, а скошенным влево, авторы отказались от прежнего подхода и рассчитали NPP_{tr} регрессионным методом, приняв в качестве независимых переменных прирост длины и градацию толщины корня. Результат оказался на 24–37 % ниже, чем дал немодифицированный метод миниризотрона, но на 22 % выше, чем радиоуглеродный.

Пример 10. Р. Джонс с соавт. (Jones et al., 2003) в сосновом насаждении прибрежного района штата Джорджия (США) использовали миниризотроны, погруженные на глубину 40 см под углом 45°. Наблюдения (еженедельно) вели круглый год (всего 55). Учитывали длину и диаметр каждого корня диаметром от 0,1 до 2,0 мм, попадающего в поле обзора. Живые корни при первом учете регистрировались как вновь образованные. Корни считались отмершими, если они исчезали из окна обзора или изменяли цвет на темный. Продолжительность жизни измеряли для каждого корня, отмершего в течение периода наблюдений. Продукцию рассчитывали как сумму всех приращений длин корней в каждом микросайте за весь период наблюдений, включая вновь образованные корни, а отпад тонких корней – как сумму всех сокращений их длин. Вычисляли среднее значение длин корней для каждой трубы и рассчитывали массооборот путем суммирования общей

Электронный архив УГЛТУ

продукции и отпада за весь период с последующим делением на среднее значение. Пересчет на продукцию фитомассы выполнен по данным деструктивного выборочного учета методом кернов врастания.

О некоторых альтернативных методах оценки первичной продукции тонких корней. Проанализировав опубликованные методы определения NPP_{tr}, Ганс Перссон (Persson, 1983) пришел к выводу, что тем или иным из них свойственны следующие недостатки:

1) выборочный учет корней выполняется с некоторыми интервалами в течение вегетационного периода;

2) в массу тонких корней включается неизвестная доля отмерших;

3) фракция отмерших тонких корней (некромасса) отдельно не учитывается;

4) количество повторностей в выборке недостаточно для установления достоверной разности между значениями массы корней двух последовательных выборок;

5) выявленные количественные характеристики корней (число корневых окончаний, длина тонких корней и др.) прямо не конвертируются в значения их массы;

6) выборочный учет корней не экстраполируется на площадь древостоя;

7) масса корней не делится по толщине или видовой принадлежности.

Поскольку величина «истинной» NPP_{tr} неизвестна, то некоторые исследователи считают определение точности ее оценок лишенным смысла (Lauenroth et al., 1986) и видят выход из ситуации в имитационном моделировании процесса продуцирования тонких корней.

Д. Сантантонио и Дж. Грейс (Santantonio, Grace, 1987) предложили «поточно-блочную» модель (compartment-flow model), имитирующую процессы продуцирования, отпада и разложения тонких корней с месячным разрешением (т. е. с шагом имитации в один мес.). Модель включает два блока и три потока (рис. 2.28). Блоки представляют собой переменные модели, характеризующие состояние системы, а именно, наличные запасы живых и отмерших тонких корней. Потоки характеризуют динамику трех процессов – продуцирования, отпада и разложения корней. Скорость разложения корней определяется как функция температуры почвы на глубине 10 см по соответствующему эмпирическому уравнению. Хотя факторы, контролирующие продукцию и отпад корней, неизвестны, по расчетной скорости разложения, известным уровням заполнения емкостей (см. рис. 2.28) и

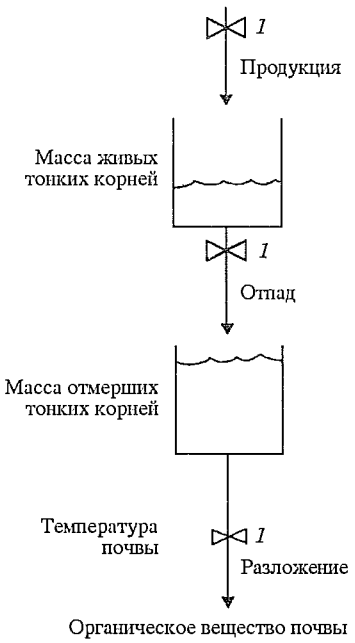


Рис. 2.28. Схема «поточно-блочной» модели первичной продукции тонких корней, представленная тремя потоками (продукция, отпад и разложение), на стыках которых имеются два блока. Блоки представлены в виде емкостей, соответствующих массе живых тонких корней и массе отмерших тонких корней; *1* – «клапаны», регулирующие соответствующие потоки (Santantonio, Grace, 1987)

Электронный архив УГЛТУ

первым производным от их значений по времени модель дает скорости двух остальных потоков. Предполагается, что тонкие корни, отмершие в течение данного временного интервала, начинают разлагаться лишь в начале следующего. Суммирование ежемесячных трех потоков дает годичные продукцию, отпад и разложение. Лучший результат моделирования получен в предположении, что процессы продуцирования и отпада тонких корней в течение сезона протекают синхронно, но процесс разложения корней сдвинут на более поздние месяцы.

Поточно-блочная модель финских исследователей (Mäkelä, Vanninen, 2000) основана на предположении, что отношение некромассы тонких корней к их фитомассе связано со специфичными скоростями разложения, отпада и чистого прироста. При известных значениях скорости разложения и динамики чистого прироста, полученной посредством периодических учетов, могут быть определены отпад и общий прирост. Результаты моделирования проверены на фактических данных, полученных последовательным взятием почвенных монолитов в семи древостоях сосны обыкновенной разного возраста и типа леса, и показали хорошее приближение.

В имитационных экспериментах канадских исследователей (Kurz, Kimmins, 1987) было изучено влияние временно́го сдвига между продуцированием (новообразованием) и отпадом на точность оценок первичной продукции тонких корней. Установлено, что точность оценок NPP_{tr} в значительной степени зависит от этого сдвига. Если упомянутые процессы предполагаются синхронными, то продукция тонких корней занижается по отношению к фактической. Занижения оценок удается избежать лишь при допущении, что процессы продуцирования и отпада тонких корней разделены во времени, т. е. на заданном шаге моделирования может иметь место либо продуцирование, либо отпад корней, но не оба процесса одновременно. Однако это расходится с эмпирическими результатами, полученными в Белоруссии (Рахтеенко, 1963; Лахтанова, 1971).

На точность оценок NPP_{tr} влияет также величина шага имитации. Сократить его, например, до недели технически трудно, поскольку многократно возрастают затраты на определение наличной массы живых и отмерших тонких корней в реальном насаждении. По мнению Кристины Вогт с соавт. (Vogt et al., 1986a), если не обеспечивается статистически достоверная оценка первичной продукции корней в каком-то принятом временно́м интервале, то более частый выборочный учет, т. е. сокращение данного интервала, ничего не дает для повышения точности оценки. Увеличение шага имитации до одного года в свою очередь занижает оценки продукции и отпада корней на 17 % по сравнению с оценками, полученными с разрешением в один месяц (Santantonio, 1989).

Процесс формирования и отпада тонких корней протекает, хотя и непрерывно, но неравномерно, периодически изменяясь в течение сезона сообразно с погодными и почвенными факторами (Рахтеенко, 1963; Овингтон, Маррей, 1968; Ford, Deans, 1977; Vogt et al., 1986a), и волнообразно (Рахтеенко, 1963; Дальман, 1968) либо циклично (Колесников, 1968) в корнеобитаемом пространстве, и эта неопределенность возрастает при переходе от одновидового сообщества к многовидовому.

Имитационная модель описывает процесс дискретно, с жестко установленным шагом, не согласуясь, например, с выявленными Е. Фордом и

Электронный архив УГЛТУ

Дж. Динсом (Ford, Deans, 1977) в течение вегетационного периода четырьмя последовательными фазами с преобладанием в каждой либо новообразования корней, либо их отмирания, либо утолщения и перехода в категорию проводящих (скелетных), либо изменения концентрации крахмала и растворимых углеводов. Поэтому одна из основных проблем при имитационном моделировании продукции тонких корней состоит в сложности верификации его результатов на фактических данных, варьирование которых предполагается случайным.

Для осуществления имитационных экспериментов требуется знание механизмов, контролирующих формирование и отпад тонких корней. В соответствии с уровнем этих знаний эксперименты предваряются системой априорных предпосылок и условностей, а для верификации результатов имитаций требуются методически выверенные, корректные и статистически достоверные данные о динамике запасов живых и отмерших тонких корней в течение сезона роста.

Учитывая множественные неопределенности, связанные с размером выборки и ошибкой выборочного учета, выбором временно́го интервала между минимальным и максимальным значениями в сезонной динамике запасов живых и отмерших тонких корней и собственно методом учета продукции и отпада тонких корней (McClaugherty et al., 1982; Fairley, Alexander, 1985; Vogt et al., 1986a), многие исследователи сходятся на том, что необходимы новые методы оценки NPP_{tr}, основанные не только на данных об их фитомассе (Singh et al., 1984; Vogt et al., 1986a; Santantonio, Grace, 1987). Практикуются, например, оценки текущей продукции тонких корней и индекса их массооборота по изменению содержания крахмала и температуры почвы (Marshall, Waring, 1985). В то же время установлено (Ford, Deans, 1977), что колебания массы тонких корней и концентрации крахмала у ели ситхинской в течение сезона несинхронны.

К косвенным методам можно отнести и оценку NPP_{tr} по бюджету доступного азота, когда массооборот тонких корней принимается пропорциональным доле азота тонких корней в общем (надземном и подземном) депонировании азота (McClaugherty et al., 1982; Aber et al., 1985; Nadelhoffer et al., 1985; Raich, Nadelhoffer, 1989). Метод дает оценки, отличные от метода max-min, в диапазоне отклонений от 10-кратного завышения до 2-кратного занижения (Aber et al., 1985). Подобные опосредованные методы в дальнейшем не рассматриваются.

О некоторых сомнительных упрощениях при оценке первичной продукции тонких корней. Вследствие упомянутых выше трудностей с определением NPP_{tr} исследователи биопродуктивности по молчаливому согласию принимают некоторые довольно сомнительные упрощения. Например, неоправданно упрощенными являются расчетные методы определения первичной продукции корневой системы в целом. В частности, первичную подземную продукцию оценивают по известной надземной исходя из эмпирически установленного отношения подземной продукции к надземной (NPP_r/NPP_{abo}), которое, например, у сосны Эллиота во Флориде в возрасте 9 и 27 лет составило соответственно 1,0 и 0,5 (Gholz et al., 1986). В 70-летних древостоях сосны скрученной в Канаде это отношение в сухих условиях равно 1,2–1,9, а в свежих – 0,6–0,9 (Comeau, Kimmins, 1989). Однако Дж. Брэй (Bray, 1963) для зоны широколиственных лесов Западной Европы приводит

Электронный архив УГЛТУ

более низкие значения: сосна обыкновенная – 0,17, ель европейская – 0,18, бук лесной – 0,19 и береза повислая – 0,32, и выводит средний для всех видов показатель, равный 0,21. Для бореальной зоны в целом этот показатель составил у вечнозеленых видов 0,56, у листопадных – 0,23 (Gower et al., 2001).

Более широкий диапазон NPP_r/NPP_{abo} (от 0,03 до 2,64) показан на глобальном уровне по материалам 101 определения в зональном плане от бореальных лесов до тропиков, однако связь этого показателя с климатической зоной, типом растительности и типом почв не выявлена (Vogt et al., 1996).

Не менее вариабелен также вклад NPP_{tr} в общую продукцию корней NPP_r (всех корней вместе с комлем), т. е. величина NPP_{tr}/NPP_r, которая в сосняках Финляндии в молодом возрасте равна 0,93–0,95, в спелом – 0,88 (Helmisaari et al., 2002). Вклад NPP_{tr} в NPP всего древостоя (NPP_{tot}) составляет на глобальном уровне 0,33 (Jackson et al., 1997), а в конкретных насаждениях от 0,08 у дугласии (Keyes, Grier, 1981) до 0,60 у сосны обыкновенной (Helmisaari et al., 2002), 0,73 – у пихты миловидной (Grier et al., 1981) и 0,75 – у пихты замечательной (Vogt et al., 1982). По-видимому, такой большой диапазон оценок (от 8 до 75 %) может быть обусловлен влиянием не только биоэкологических факторов, но и разных методов, применяемых авторами.

Для лесов России диапазон оценок относительной NPP корней существенно меньше. А.З. Швиденко с соавт. (2001) выводят по материалам Н.И. Базилевич и применяют для лесной зоны России среднее значение отношения NPP всех (скелетных и тонких) корней (NPP_r) к общей (надземной и подземной) NPP_{tot}, равное 0,16, а Э.Ф. Ведрова (2005) в 25-летних культурах красноярской лесостепи экспериментально установила следующие величины NPP_r/NPP_{tot}: кедр сибирский – 0,39, сосна обыкновенная – 0,23, лиственница – 0,29, ель – 0,42, осина – 0,32 и береза – 0,25.

При расчетных методах определения первичной продукции корней предполагается пропорциональность относительных приростов надземной и подземной фитомассы (Harris et al., 1977; Козловская и др., 1978):

$$NPP_{abo}/P_{abo} = K(NPP_r/P_r), \qquad (2.17)$$

где NPP_{abo} и P_{abo} – соответственно первичная продукция и наличное количество надземной фитомассы; NPP_r и P_r – соответственно подземной фитомассы (корней дерева); K – коэффициент пропорциональности.

Поскольку величина K обычно неизвестна, она принимается равной 1,0 и тем самым *предполагаемая пропорциональность относительных приростов превращается в их равенство* (Whittaker, 1962; Tadaki et al., 1970; Newbould, 1970; Whittaker, Woodwell, 1971; Программа и методика..., 1974; Whittaker, Marks, 1975; Ogawa, 1977; Прохоров, Горчаковский, 1986) по аналогии с формулой (2.7), предложенной для оценки продукции ветвей.

Если принять равенство относительных приростов скелетных фракций подземной и надземной фитомассы более или менее биологически обоснованным, то на соотношение относительных приростов (массооборотов) ассимилирующих фракций (тонких корней и листвы) переносить подобное равенство нет оснований. Например, Р. Уиттекер и П. Маркс (Whittaker, Marks, 1975) утверждают, что если в левую часть уравнения (2.17) не включать листву, то будет занижена продукция корней; если же включить листву, то получаем завышенное значение продукции корней. Авторы полагают, что истинное значение находится где-то посередине.

Электронный архив УГЛТУ

В соответствии с результатами А. Я. Орлова (1967) и Н. И. Казимирова и Р. М. Морозовой (1973) это положение действительно при условии, что продукция (массооборот) листвы превышает таковую тонких корней. Если же принять во внимание прямо противоположные результаты по соотношению массооборотов тонких корней и листвы, т. е. 2–6-кратное превышение первого над вторым (Harris et al., 1977; Santantonio, 1980; Cannell, 1989), то существенное занижение продукции тонких корней при использовании уравнения (2.17) получим в любом случае.

Расчетные методы привлекательны из-за их низкой трудоемкости, поэтому они получили массовое распространение. Например, в Китае для определения фитомассы и первичной продукции лесных экосистем заложено более 1000 пробных площадей (Jiang et al., 1999б) с использованием «стандартной методики» Р. Уиттекера и П. Маркса (Whittaker, Marks, 1975), согласно которой масса и первичная продукция корней оцениваются косвенными методами, с использованием аллометрических уравнений и принципа равенства относительных приростов надземной и подземной фитомассы.

Еще один вариант, предложенный Н.И. Казимировым и Р.М. Морозовой (1973), предполагает выполнять оценку первичной продукции корневой системы (включая пень) по формуле

$$NPP_r = P_r[(NPP_{st}/P_{st}) + K], \qquad (2.18)$$

где NPP_{st} и P_{st} – соответственно годичный прирост массы ствола и его наличная масса. При этом предполагается равенство относительных приростов скелетных корней и ствола дерева, т. е. $NPP_r/P_r = NPP_{st}/P_{st}$. Для учета массооборота тонких корней вводится поправочный коэффициент K, который Н.И. Казимиров и Р.М. Морозова (1973) для ельников Карелии предлагают принимать в зависимости от возраста дерева: для 20, 40, 60, 80 и 100 лет коэффициент K равен соответственно 0,051; 0,045; 0,036; 0,029 и 0,025.

При использовании формулы (2.18) возникают по крайней мере два спорных положения. Во-первых, предполагается снижение массооборота тонких корней с возрастом древостоя, что не всегда правомерно: например, для сосны в пределах региона в одном случае эта закономерность подтверждается (Persson, 1983), а в другом – нет (Helmisaari et al., 2002). Во-вторых, величина коэффициента K (3–5 % к приросту скелетных корней), скорее всего, занижена, поскольку, например, в сосняках первичная продукция тонких корней к продукции скелетных составляет 88–95 % (Helmisaari et al., 2002).

Рассмотренное выше упрощение (равенство относительных приростов надземной и подземной фитомассы) с оценки первичной продукции общей корневой системы NPP_r переносится на оценку первичной продукции тонких корней NPP_{tr} исходя из предположения функционального равновесия между активностью листвы, фиксирующей углерод атмосферы, и активностью тонких корней, извлекающих элементы питания и влагу из почвы. При благоприятных условиях роста соотношение *тонкие корни : листва* относительно стабильно. Это подтверждают экспериментальные данные, полученные для 16 насаждений хвойных пород разных континентов (рис. 2.29, *а*). Причем положение точек вдоль линий регрессии видоспецифично, и в направлении от начала координат оно смещается в такой последовательности: сосна, дугласия, ель, пихта. Очевидно, что в худших условиях произрастания на единицу массы листвы будет приходиться масса тонких корней, много-

Электронный архив УГЛТУ

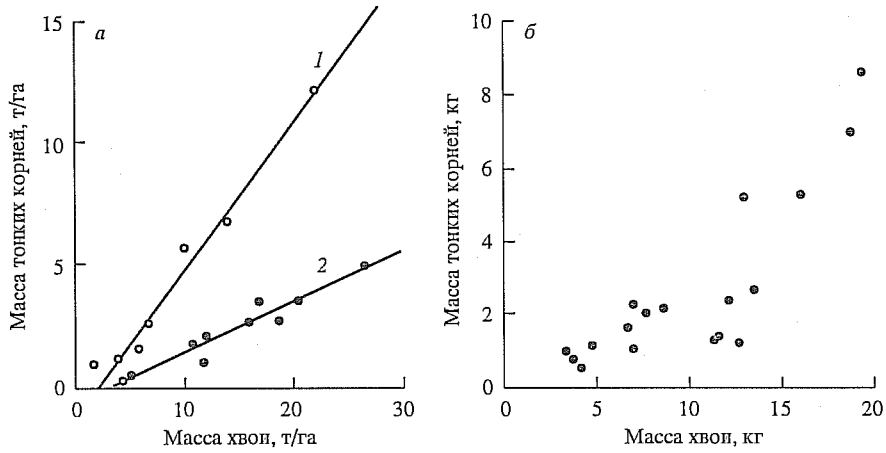


Рис. 2.29. Взаимосвязь массы тонких корней и массы хвои по данным 16 хвойных насаждений разных пород, различных природных зон и континентов (*а*) в худших (*1*) и лучших (*2*) условиях произрастания (Santantonio, 1989) и по данным 18 деревьев сосны обыкновенной в Финляндии (*б*), взятых в двух типах леса в возрасте от 18 до 212 лет (Vanninen et al., 1996)

кратно превышающая аналогичный показатель в лучших условиях (Santantonio, 1989). У сосны обыкновенной в возрасте от 18 до 112 лет в Финляндии (Vanninen et al., 1996) это соотношение повторяет обобщенную зависимость Д. Сантантонио для насаждений низшей производительности (кривая *1* на рис. 2.29, *а*), но не является линейным (рис. 2.29, *б*).

Отношение масс *тонкие корни : листва* в условиях Канады у сосны скрученной в возрасте 70 лет в сухих условиях составляет от 3,3 до 4,9, в свежих – от 1,3 до 2,5 (Comeau, Kimmins, 1989), а у сосны обыкновенной в условиях Финляндии при увеличении возраста с 18 до 212 лет повышается от 0,10 до 0, 45 (Vanninen et al., 1996). В условиях сухой степи Северного Казахстана (250 мм осадков) это соотношение колеблется у сосны обыкновенной от 1,6 до 8,4 (см. табл. 1.11), причем значения от 6,2 до 8,4 приходятся на непригодные даже для сосны местообитания: при недостаточных осадках (250 мм) уровень грунтовых вод недоступен для корней, либо вследствие их глубокого залегания (от 6 до 8 м), либо наличия карбонатных прослоев на глинах и суглинках (темно-каштановые почвы) при сравнительно близком залегании грунтовых вод. В первом случае деревья формируют в песчаном горизонте главную ось корня, аналогичную главной оси ствола и уходящую на глубину более 5 м при отсутствии горизонтальных и якорных корней; хвоя при этом формируется лишь по периферии верхней части кроны. Во втором случае на тяжелых почвах с мощным гумусовым горизонтом корни не проникают глубже 2–4 м, и основная масса корней формируется в поверхностном слое.

Эти данные подтверждают вывод М. Кэннела (Cannell, 1989) о том, что в условиях дефицита эдафических факторов в корнях ассимилятов откладывается больше, чем в листве и побегах, а в условиях, лимитирующих фотосинтез, – наоборот.

Сотрудники Института лесоведения РАН (Молчанов, 1983; Цельникер и др., 1993; Цельникер, Молчанов, 2005), исследуя газообмен и продукцию в

Электронный архив УГЛТУ

40-летнем сосняке Ia бонитета в Ярославской области, установили, что отношение масс *тонкие корни : листва* составляет 0,61, а отношение CO_2, выделенного при дыхании тонких корней (< 2 мм) и поглощенного при фотосинтезе, равно 0,22. По мнению Ю.Л. Цельникер (устное сообщение), при отношении этих масс, равном 6–8 (см. табл. 1.11), дерево не может давать прироста и обречено на гибель. Аналогичной точки зрения придерживается А.А. Титлянова (устное сообщение): при 6–8-кратном превышении массы тонких корней по отношению к хвое последняя не в состоянии обеспечить их дыхание; последние имеют такое же содержание азота, а следовательно, и белков, как и фотосинтезирующие органы, и следовательно – соответствующую интенсивность дыхания.

Тем не менее, по данным М. Кэннела (Cannell, 1989), NPP_{tr} превышает годичную продукцию листвы NPP_f в 2–5 раз в зависимости от условий произрастания. В спелом насаждении дугласии годичный отпад корней и хвои составляет соответственно 12 и 2–3 т/га (Santantonio, 1980), а это означает, что при условии равновесного состояния (равенства прироста и отпада) отношение NPP_{tr}/NPP_f = 4–6. Для вечнозеленых видов США установлены (Grier et al., 1981) экстремально высокие значения этого показателя (от 9,4 до 11,9). Для клена сахарного в США величина NPP_{tr}/NPP_f составила 1,8–1,9 (Hendrick, Pregitzer, 1993) и такое же значение (1,9) получено при глобальном анализе (Raich, Nadelhoffer, 1989).

Перечисленные выше работы посвящены в основном зоне умеренных лесов, но это не означает, что для нее характерны такие высокие значения. По крайней мере, в сводке М. Кэннела (Cannell, 1982) по мировым лесам отношение NPP_{tr}/NPP_f для зоны умеренных лесов в большинстве случаев не превышает 1,0. Конечно, здесь большую роль играет видоспецифичность отношения NPP_{tr}/NPP_f, обусловленная биологией вида, но есть примеры контрастных, совершенно необъяснимых расхождений в оценках для одной и той же древесной породы в пределах одной зоны. Например, для лириодендрона тюльпанного в одной работе (Harris et al., 1977) приведено значение, равное 2,8, а в другой (Harris et al., 1973) – 0,22. В тропическом дождевом лесу на юге Индии в трех случаях отношение NPP_{tr}/NPP_f составило от 1,7 до 2,3, а в четвертом – лишь 1,04. Причем продукция тонких корней оказалась выше надземной древесной части (ствола и ветвей) в 6–10 раз (Sundarapandian, Swamy, 1996).

Столь же противоречивые оценки отношения приростов NPP_{tr}/NPP_f имеются и в пределах бореальной зоны, зачастую для одной и той же древесной породы в одном экорегионе. Например, для сосны обыкновенной в Фенноскандии они колеблются от 0,5 до 3,1, а для ели на Аляске – от 0,8 до 3,5 (Gower et al., 2001). Но даже при таком широком диапазоне оценок в разных природных зонах результаты А.Я. Орлова (1967) находятся далеко за его пределами (0,05 – для ели и 0,10 – для сосны обыкновенной). Поэтому неудивительно, что попытки вывести какие-то географические закономерности в динамике относительного показателя NPP_{tr}/NPP_f пока не увенчались успехом (Cairns et al., 1997). Возможно, во всей этой неопределенности основную роль играет закон лимитирующего фактора Либиха, а его действие в глобальном масштабе пока непредсказуемо.

Годичную продукцию NPP_r (как и наличный запас P_r) подземной фитомассы (по крайней мере их нижние пределы) иногда определяют *расчет-*

Электронный архив УГЛТУ

ным аллометрическим методом (Кира, Огава, 1968; Harris et al., 1977; Grier, Logan, 1977) с использованием аллометрической зависимости (1.26).

Т. Кира и Х. Огава (1968), понимая, что константы a и b в уравнении (1.26) варьируют от насаждения к насаждению, тем не менее предполагают, что для данного насаждения в течение небольшого периода времени, например 5–10 лет, эти константы могут оставаться неизменными. Исходя из подобной установки они ввели показатели годичного прироста корней $\Delta P_г$ и годичного прироста одного из размеров ствола ΔX в уравнение (1.26) и получили соотношение

$$P_г + \Delta P_г = a(X + \Delta X)^b, \tag{2.19}$$

или

$$\Delta P_г = a(X + \Delta X)^b - P_г. \tag{2.20}$$

Затем сравнили данные трех вариантов определения годичного прироста корней бука по уравнению (2.20), принимая в каждом варианте в качестве X один из размеров ствола (диаметр, видовой цилиндр и масса ствола), и получили расхождения оценок от 14–32 % у мелких деревьев до 480 % – у крупных.

В подобных случаях аллометрический метод не только дает существенные расхождения в оценке годичной продукции корней в зависимости от принятого размера ствола, но и существенно занижает искомый показатель, поскольку учитывает лишь чистое изменение массы корней за определенный период, а вторая составляющая годичной продукции (массооборота) корней – их отпад – остается неучтенной. Поэтому Т. Кира и Х. Огава (1968) рекомендуют учитывать отпад корней отдельно.

Используя регрессионный метод при оценке массы фракций корней сосны обыкновенной различной толщины, М.И. Калинин с соавт. (1998) по результатам табулирования уравнений (1.10), приведенных в разделе 1.3.1, установили, что «...на каждую единицу массы тонких (< 0,6 мм) корней масса скелетных корней увеличивается на 22 единицы» (с. 150). Далее они модифицируют эту закономерность, но уже в терминах прироста: «У корней сосны ... (d > 6 см) на каждую единицу прироста массы тонких корней прирастает 22 единицы массы корней диаметром > 3 мм» (с. 151). По-видимому, здесь имеет место существенное занижение относительного прироста массы тонких корней вследствие некорректной интерпретации уравнений (1.10), особенно с учетом упомянутого ранее результата, полученного в сосняках Финляндии (Helmisaari et al., 2002) посредством последовательного взятия почвенных кернов и «расчехления» скелетных корней: первичная продукция тонких корней составляла 88–95 % к продукции всей корневой системы.

Согласно следующему упрощению, *годичный прирост тонких корней, включая отмершие, принимается равным их наличной массе* (Молчанов, 1954; Jackson et al., 1997; Scarascia-Mugnozza et al., 2000; Stober et al., 2000; Gill, Jackson, 2000; Mund et al., 2002). При этом новообразование и отпад тонких корней в течение сезона не учитываются, а величина этого массооборота, как уже отмечалось, может быть довольно значительной.

Предполагая полное ежегодное обновление массы тонких корней, Е.М. Самойлова (1968) годичную продукцию 50-летнего дубняка приравни-

Электронный архив УГЛТУ

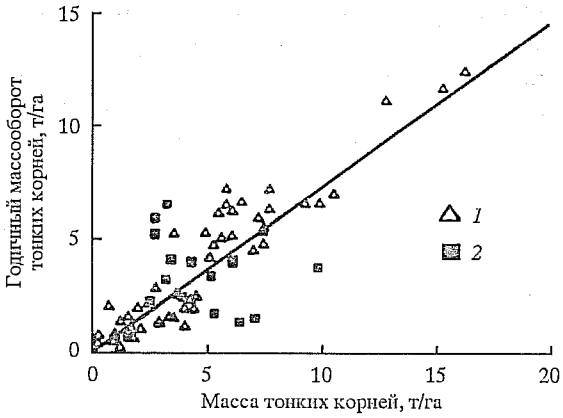


Рис. 2.30. Зависимость полного годичного массооборота тонких корней (ΔP_{tum}) от общей массы тонких корней (P_{tr}) в условиях лесного сектора Канады, общей для мягколиственных (*1*) и твердолиственных (*2*) пород, описываемой уравнением $\Delta P_{tum} = 0{,}735 P_{tr}$ (Kurz et al., 1996)

вает фактической массе в середине лета (0,82 т/га) и предполагает примерно равной среднему годичному приросту всей корневой системы (1,14 т/га), рассчитанной путем деления массы последней (57 т/га) на возраст древостоя. Предположение о примерно равном участии сосущих и скелетных корней в общей их продукции не подтверждается последними исследованиями, согласно которым продукция скелетных корней составляет лишь 5–12 % от общей продукции корневой системы (Helmisaari et al., 2002).

В. Курц с соавт. (Kurz et al., 1996) отмечают, что чистый годичный прирост тонких корней (т. е. разность их значений в конце и начале сезона) составляет незначительную долю от полной чистой продукции, включающей массооборот. Однако в отличие от данных М. Кэннела (Cannell, 1989) в условиях Канады массооборот составляет лишь 73 % от массы тонких корней (рис. 2.30). Для массооборота тонких корней (< 2 мм) сосны обыкновенной этот показатель равен 74 % (Janssens et al., 2002), а обобщенный показатель для лесов мира – 80 % (Gill, Jackson, 2000). По другим оценкам эта цифра у хвойных варьирует в пределах 30–86 % (Fogel, 1983).

Возможно, подобное расхождение с утверждением М. Кэннела вызвано занижением экспериментальных данных массооборота тонких корней по причине использования метода max-min. Другая причина расхождений может состоять в том, что не унифицирован и метод расчета индекса массооборота: одни исследователи делят суммарную продукцию живых и отмерших корней на среднее значение массы только живых корней (Stober et al., 2000), другие – на среднее значение суммарной массы живых и отмерших корней (Persson, 1983). В зависимости от этого можно получить совершенно разные результаты. Г. Перссон (Persson, 1983) для молодняка сосны обыкновенной в Швеции приводит следующие данные, характеризующие тонкие корни (< 2 мм): абсолютно сухая масса живых, отмерших корней, их суммарная масса и суммарная годичная продукция живых и отмерших корней составили 26,1±1,2; 67,6±2,2; 94±3 и 183±16 г/м^2 соответственно. Относительный массооборот он рассчитал по второму из упомянутых вариантов и получил значение 2,0 (183:94). Если же его рассчитать по первому варианту (Stober et al., 2000), то получаем значение 7,0 (183:26,1), т. е. в 3,5 раза бóльшее.

Таким образом, в отношении методов определения первичной продукции корней, в особенности тонких, имеется множество противоречий и неопределенностей, касающихся установления соотношений подземной и надземной продукции, определения доли тонких корней в общей их массе,

Электронный архив УГЛТУ

оценки общей массы тонких корней и их первичной продукции с учетом массооборота, познания механизмов, контролирующих формирование, отпад и разложение тонких корней, а также степень относительного смещения этих трех процессов во времени. При использовании традиционных методов обычно не учитывается изменение массооборота тонких корней по почвенному профилю, а это изменение при изучении процесса с помощью миниризотрона оказывается довольно существенным (Satomura et al., 2006). Отдельная проблема связана с ролью корневых волосков и микоризы в продукционном процессе и их вкладом в упомянутые неопределенности.

2.2.6. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Методы оценки первичной продукции однолетних и многолетних растений различаются. Первичная продукция однолетников (и листвы многолетников) обычно соответствует их массе, а у многолетников определение годичной продукции сопряжено с учетом их возраста, что технически достаточно сложно. По годичным кольцам на модельных экземплярах (см. раздел 1.2.5) определяют средний возраст каждого вида, путем деления их сухой массы (без листьев) на возраст рассчитывают средний прирост древесной массы и по числу экземпляров вычисляют ее прирост на 1 га (Ярмишко, 2002).

Обычно первичная продукция (как и фитомасса) нижних ярусов растительности определяется методом среднего растения с упрощениями на всех уровнях выборочного учета (Ярмишко и др., 2002).

2.2.7. ОБРАБОТКА МОДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ НА ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ

Методика обработки модельных деревьев на пробной площади при определении первичной продукции древостоя существенно сложнее по сравнению с таковой при оценке только его наличной фитомассы (см. раздел 1.2.3). Наиболее просто, методом «расчехления», определяется первичная продукция древесины ствола (форма записи дана в Приложении 3).

Анализ методов определения надземной первичной продукции насаждений показывает, что наиболее проблематична (и соответственно связана с наибольшими неопределенностями) оценка первичной продукции ветвей деревьев. Поэтому прежде чем оказывать предпочтение какому-то методу, необходимо сравнить те из них, которые в той или иной степени биологически обоснованы и дают приемлемую точность при наименьших затратах.

Для сравнения нами выбраны четыре метода: I – А.И. Уткина (1975) с использованием формулы (2.8); II – Р. Уиттекера (Whittaker, 1962, 1965) с использованием формулы (2.13), III – белорусский (Русаленко, Петров, 1975) с использованием формулы (2.14) и IV – метод выборки одной модельной мутовки от каждой трети кроны (рис. 2.31, *в*). Последний метод принят с учетом предложений И.В. Каменецкой (1973), А.И. Уткина (1975), Р. Марклунда (Marklund, 1983) и С. Клэссона с соавт. (Claesson et al., 2001) как альтернатива довольно трудоемкому методу I.

Экспериментальный материал для сравнительного анализа был получен в островных борах Тургайского прогиба. Взвешена и переведена на абсолютно сухое состояние фитомасса скелета ветвей по каждой мутовке отдельно. Определения выполнены на 8–10 модельных деревьях, взятых по

Электронный архив УГЛТУ

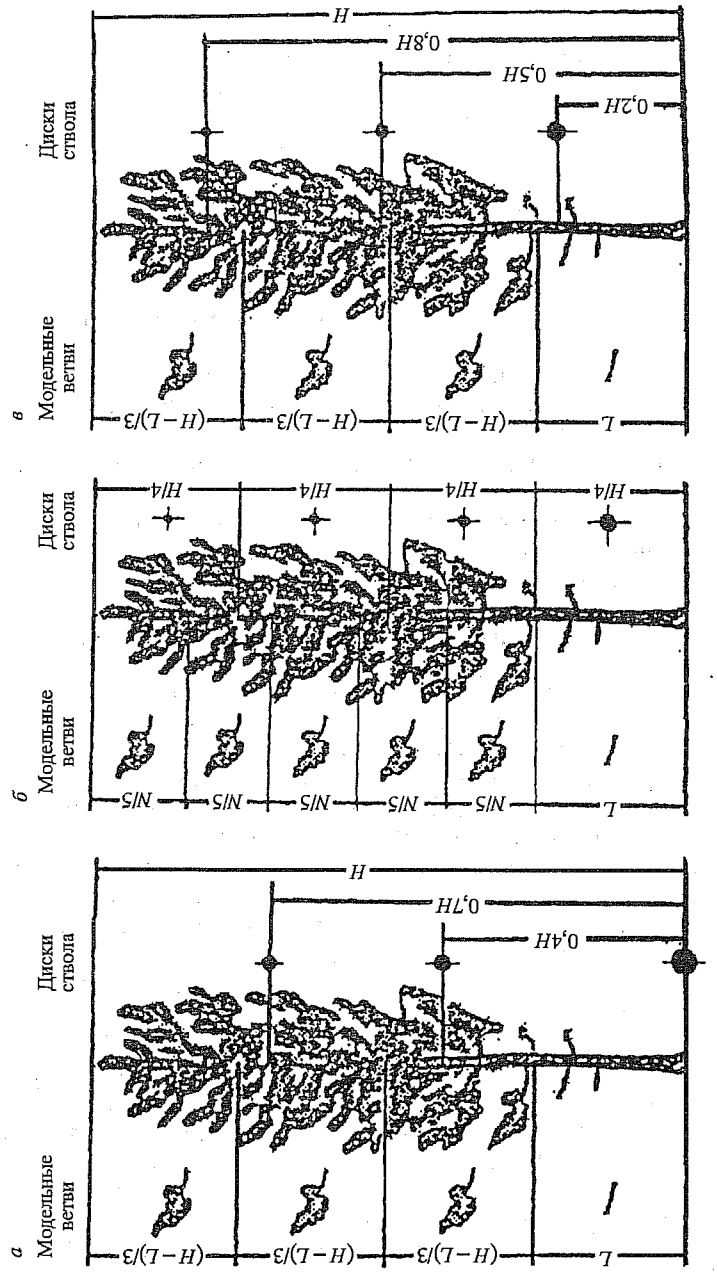


Рис. 2.31. Варианты отбора модельных ветвей кроны и дисков ствола:
а – по С. Клэссону с соавт. (Claesson et al., 2001), *б* – по Р. Марклунду (Marklund, 1983), *в* – рекомендуемый автором; *H* – высота дерева; *L* – высота начала кроны; *N* – число мутовок или ветвей I порядка в кроне дерева

Электронный архив УГЛТУ

ступеням толщины в диапазоне их варьирования на каждой пробной площади. Всего в анализ включены 190 модельных деревьев, отобранных на 22 пробных площадях в культурах сосны в возрасте от 9 до 50 лет, и 105 деревьев с 12 пробных площадей, заложенных в естественных сосняках в возрасте от 20 до 110 лет. По методу I согласно формуле (2.8) для каждой мутовки получали частное от деления ее массы без хвои на возраст мутовки и после суммирования значений по всем мутовкам рассчитывали для каждого дерева величину годичного прироста. В соответствии с методом II по каждому дереву рассчитано уравнение (2.9), определена его аллометрическая константа (показатель степени при A_i) и после подстановки последней в формулу (2.13) получено значение годичного прироста скелета ветвей для каждого дерева отдельно. По методу III суммировали массу всех мутовок и делили ее на половину значения возраста кроны, увеличенного на единицу согласно формуле (2.14). Согласно методу IV массу скелета мутовки, взятой из середины каждой из трех секций, делили на ее возраст и умножали на количество мутовок в секции. После суммирования секционных значений получали годичный прирост массы скелета ветвей.

Поскольку определяемое значение прироста массы ветвей зависит не столько от метода, но главным образом от возраста, диаметра и высоты дерева, по четырем вариантам сравнивали не приросты совокупностей деревьев, а уравнения, объясняющие бóльшую часть варьирования их прироста при включении в них этих трех определяющих прирост факторов:

$$\ln(\Delta P_b) = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln D + a_3 \ln H + a_4 (\ln D)(\ln H), \qquad (2.21)$$

где A, D и H – соответственно возраст дерева (лет), его диаметр на высоте груди (см) и высота дерева (м). Уравнение (2.21) объясняет 90–95 % изменчивости годичного прироста ветвей. Сравнение уравнений вида (2.21) выполнено посредством включения в них блоковых фиктивных переменных (X_1, X_2, X_3), определяющих принадлежность той или иной совокупности значений прироста к тому или иному методу: I метод – $X_1 = 0$, $X_2 = 1$, $X_3 = 0$; II метод – $X_1 = 0$, $X_2 = 0$, $X_3 = 0$; III метод – $X_1 = 1$, $X_2 = 0$, $X_3 = 0$; IV метод – $X_1 = 0$, $X_2 = 0$, $X_3 = 1$.

Тогда уравнение (2.21) принимает вид

$$\ln(\Delta P_b) = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln D + a_3 \ln H + a_4 (\ln D)(\ln H) + \\ + a_5 X_1 + a_6 X_2 + a_7 X_3. \qquad (2.22)$$

Оказалось, что II метод на статистически достоверном уровне (t = = 2,9÷8,2 > 2,0) завышает прирост по отношению к остальным трем на 12–34 % как по модельным деревьям культур и естественных сосняков отдельно, так и по совмещенному массиву экспериментальных данных прироста, т. е. это не связано с происхождением древостоев.

Поэтому совершенно неожиданным выглядит результат В.Ф. Лебкова и Н.Ф. Каплиной (1999): определяя годичную продукцию ветвей (10–100-летние сосняки I–II классов бонитета Московской области) как системы соподчиненных осей разного порядка, они установили, что относительный радиальный прирост междоузлий в первые 3 года не зависит от порядка оси, а в дальнейшем снижается тем быстрее, чем выше порядок ветвления. В итоге

Электронный архив УГЛТУ

значение годичной продукции ветвей вдвое превышало полученное по Р. Уиттекеру (Whittaker, 1962, 1965), а фракционный состав обобщенной первичной продукции для сосняков Европейской России определился следующим соотношением: стволы – 34, ветви – 25, хвоя – 25 и корни – 16 % (Лебков, Каплина, 1999).

Дальнейшему сравнительному анализу были подвергнуты I, III и IV методы с кодировкой $X_1 = 0$, $X_2 = 1$; $X_1 = 0$, $X_2 = 0$ и $X_1 = 1$, $X_2 = 0$ соответственно, т. е. выяснялась достоверность отличия результатов, полученных по методам I и IV, относительно метода III. Оказалось, что метод IV на достоверном уровне ($t = 4{,}4–4{,}5 > 2{,}0$) занижает значения прироста по сравнению с методом III на 14–19 %, а между результатами, полученными по методам I и III, различия недостоверны ($t = 1{,}07–1{,}77 < 2{,}0$).

Таким образом, из трех сравниваемых методов наиболее трудоемкий I и наименее трудоемкий III дают одни и те же значения первичной продукции массы скелета ветвей. Поэтому *получение экспериментальных значений прироста скелета ветвей предпочтительно по наиболее простому и достаточно надежному методу III* (*белорусскому*). С учетом этого была составлена соответствующая форма записи данных при обработке модельных ветвей и крон деревьев и показана последовательность (алгоритм) записей данных и расчетов в целях получения значений фитомассы ветвей (Приложения 4а, б) и расчета их прироста по формуле (2.14). Порядок обработки модельных ветвей и крон деревьев и форма записи данных могут быть рекомендованы с учетом предложений И.В. Каменецкой (1973) и А.И. Уткина (1975) со взятием *одной модельной ветви от каждой трети кроны* (см. рис. 2.31).

Из-за неопределенности с методами оценки массы и первичной продукции корней ее алгоритмы могут быть подобраны в каждом конкретном случае исходя из цели исследования и возможностей ее реализации.

2.3. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ОЦЕНКОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НАСАЖДЕНИЙ

Проблема важности терминологической определенности была осознана еще в XIX столетии: «Точность и определенность нужна во всяком деле, а тем более в таком специальном, как лесное. Неопределенность в лесной терминологии, смешение в понятиях частного с общим и наоборот весьма нередко ведут на практике к недоразумениям, сомнениям и непоправимым ошибкам...» (Чеботарев, 1897, с. 903) и остается актуальной по сей день (Roxburgh et al., 2005). Тем не менее, несмотря на довольно длительную, почти 100-летнюю, историю изучения биологической продуктивности лесов, до сих пор нет стандарта по фракционированию фитомассы и объему понятия каждой фракции.

Сегодня эта неопределенность в наибольшей степени имеет отношение к термину *тонкие корни*. Прежде чем рассматривать проблемы, связанные с определением *NPP* насаждений, попытаемся ответить на вопрос, *что такое тонкие корни*?

По мере роста часть сосущих корней переходит в категорию проводящих, и морфологически этот переход идентифицируют по изменению цвета и опробковению. Опробковевшие и потемневшие корешки частично теряют всасывающую способность, хотя у сосны, дуба, ясеня и клена даже

Электронный архив УГЛТУ

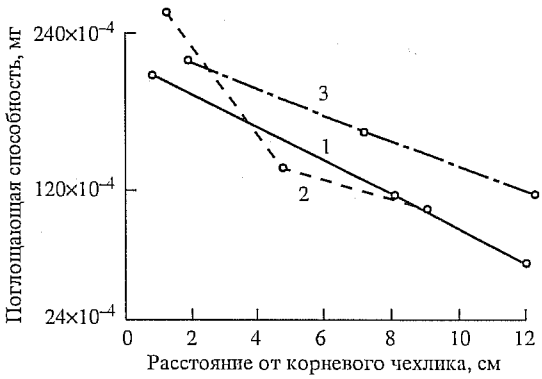


Рис. 2.32. Монотонное изменение поглощающей способности корней, определенной по поглощению метиленовой синьки (мг) в течение 1, 2 и 3 ч (цифры на кривых), в связи с расстоянием от корневого чехлика (Колосов, 1939)

полностью потемневшие сосущие корешки пробковеют очень незначительно и способны всасывать влагу (Иванов, 1916, 1953б; Колесников, 1962).

Подобная неопределенность имеет отношение и к росту корешка: его потемнение происходит не только в связи с переходом в категорию проводящих, но и в случае прекращения роста. При этом у хвойных потемнение наступает через 1–3 недели, а у лиственных – через 3–6 недель после прекращения роста (Engler, 1903).

В.А. Колесников (1962) подразделяет корни на три категории (сосущие, переходные и проводящие), соотнося их с соответствующими переходными состояниями. Сосущие корни более утолщены, по цвету белые или прозрачные; переходные имеют сероватый цвет, иногда с оранжевым оттенком, а проводящие – коричневый или коричневатый. Побурение корешков означает начало опробковения, связанного с их суберинизацией. Наличие суберина в корешках идентифицируют со способностью к всасыванию даже при наличии признаков потемнения и опробковения. Поскольку площадь поверхности несуберинизированных (растущих) корней, куда входит и микориза, составляет 1–7 % поверхности корневой системы, а остальные 93–99 % суберинизированы, делается вывод о том, что поглощение воды и элементов питания осуществляется в основном суберинизированными (опробковевшими) корнями (Лир и др., 1974; Крамер, Козловский, 1983).

Таким образом, корни находятся в состоянии непрерывных переходов морфологических и функциональных характеристик (Leshem, 1965). Иными словами, фракция живых корней неоднородна, состоит из корешков разной физиологической активности, постепенно и последовательно переходящих из категории сосущих в категорию проводящих. Сказанное в отношении одной из физиологических характеристик корней наглядно иллюстрирует рис. 2.32 (Колосов, 1939): поглощающая способность корешков, максимальная на расстоянии около 1,5 см от верхушечного чехлика, монотонно и непрерывно снижается в направлении к основанию корня.

Следовательно, проблематична сама возможность корректного разделения корней на скелетные и тонкие, поскольку их различают по морфологии (толщине), а не по функции (физиологии). Метод вычленения физиологически активных корней, играющих главную роль в обменных связях растения с почвой, пока не разработан, и их масса скрывается в общей массе тонких корней (Дылис, Носова, 1977), верхний предел толщины которых варьирует от 0,1 до 5 мм, а прямые оценки массы – от 1 до 13 т/га (Santantonio et al., 1977).

Наиболее часто в категорию тонких корней включают фракцию < 1 мм, поскольку именно такие корни наиболее подвержены сезонным флуктуа-

Электронный архив УГЛТУ

циям массы, а это важно при оценке их годичного массооборота (Santantonio D., Santantonio E., 1987).

А.Я. Орлов (1967) установил, что не все тонкие корни диаметром < 1 мм физиологически активны, что среди них есть и какая-то доля проводящих и что фракция толщиной < 0,6 мм более полно охватывает группу активных (сосущих) корней. Л.А. Иванов (1953б) полагает, что в группу сосущих могут войти лишь корни не толще 0,4 мм, поскольку их средний диаметр составляет 0,1–0,3 мм. Поэтому Е.М. Борискина (1959) выбирала в монолитах, взятых в 50-летнем дубняке осоково-снытевом по методике А.Я. Орлова (1955), в качестве сосущих тонкие корни диаметром < 0,3 мм, и тем не менее фракция включала не только сосущие корни, но и оси, на которых они располагаются, т. е. наиболее тонкие проводящие корни.

В исследованиях корневой системы, связанных с бюджетом органогенов – C, N, зольных элементов (Safford, 1974; McClaugherty et al., 1982), тонкие корни делят по толщине на две фракции: 0–0,5 (очень тонкие) и 0,5–3,0 мм (тонкие) (Safford, 1974; McClaugherty et al., 1982). К корешкам диаметром 0–0,5 мм относят все неодревесневшие корневые окончания, обычно покрытые микоризой и практически не суберинизованные. Корни диаметром > 3 мм относят к категории скелетных, они имеют вторичное ксилемное утолщение, хорошо развитую феллему, относительно пластичны и сохраняются круглый год. Фракция 0,5–3,0 мм является переходной между двумя названными. Подобное фракционирование тонких корней поддерживается и другими исследователями (Moir, Bachelard, 1969; Strand, 1970), но не всеми (Edwards, Harris, 1977; Santantonio et al., 1977). Предлагается, в частности, деление тонких корней на три фракции: 0–0,5; 0,5–1,0 и 1,0–2,0 мм (Kern et al., 1961), либо 0–1, 1–2, 2–5 мм (Gower, 1987), либо 0–0,25; 0,25–0,50 и 0,5–1,0 (Бычваров и др., 1976) и т. д.

Интересен комментарий Р. Зобеля (Zobel, 2003a) по поводу статьи К. Прегитцера (Pregitzer, 2002). Последний задает два «хороших» вопроса: «Что такое тонкие корни?» и «Какие корни действительно отмирают?», на которые, по мнению Р. Зобеля, в принципе нет ответа вследствие бытующих четырех «плохих» допущений.

1. **Что такое тонкие корни? Допущение 1** гласит, что имеется очень мало существенных морфологических различий между корнями одного и того же или разных онтологических уровней. В действительности таких, правда, трудно уловимых различий достаточно много (McCully, 1987). Одно из них заключается в резко редуцированном анатомическом строении, когда кортикальный слой ограничен эпидермисом, гиподермисом и эндодермисом при отсутствии крупных ксилемных сосудов и перицикла. Возможно также, что апикальный диаметр и ростовая схема ветвления контролируются доступностью ассимилятов, количество которых, несомненно, снижается по направлению к апексу этих анатомически рудиментарных корешков. Однако очень трудно установить, действительно ли ростовые и функциональные различия основаны на классифицируемых анатомических различиях.

2. **Что такое тонкие корни? Допущение 2**, столь же неудачное, как и первое, заключается в том, что корневая система представляет собой сглаженную последовательность толщин корней, вплоть до самых тонких, т. е. отсутствует какая-либо их дифференциация по ступеням толщины. Однако на основе анализа оцифрованных изображений корней с разрешением 25 % от

Электронный архив УГЛТУ

толщины самых тонких корешков установлено (Zobel, 2003б), что в диапазоне диаметров от нуля до 1 мм корни отчетливо различаются по ступеням толщины. Предположив наличие дискретных ступеней толщины в пределах этого диапазона, можно выявить важные различия дискретных ступеней по долговечности корешков, их функции и ростовой схеме. Правда, при этом отсутствует точное определение размера ступени и неясно, например, живут ли корни диаметром 0,3 мм вдвое дольше, чем корни диаметром 0,15 мм.

3. **Что такое тонкие корни? Допущение 3**, согласно которому онтогенез корней – это закономерный акропетальный (развивающийся от основания к верхушке) ростовой процесс (top down). Допущение верно в общем, а также применительно к сеянцам или молодым крупным корням (> 1 мм), но ошибочно в терминах жизненного цикла корневой системы. Действительно, опубликованные изображения корней (Pregitzer et al., 1997, 2002) свидетельствуют в поддержку концепции, согласно которой корни меньших диаметров находятся на дистальном (дальше отстоящем в противоположность проксимальному) конце более крупных корней. Однако при более тщательном рассмотрении оказывается, что короткие тонкие корешки имеются в пределах всей корневой системы, даже у основания крупных корней. Это означает, что правила классификации корней, основанные на общих ростовых схемах, могут быть недостаточны для исследования жизненного цикла (циклов) и функционирования корней. Тонкие корешки отмирают и замещаются аналогичными латеральными и придаточными, о чем свидетельствуют их многочисленные следы и пеньки на главных осях. Это обеспечивает механизм экстенсивной морфологической пластичности корневой системы, когда она может непрерывно использовать один и тот же объем ризосферы на протяженном отрезке времени.

4. **Какие корни действительно отмирают? Допущение 4**, столь же проблематичное, как и второе, предполагает, что продолжительность жизни тонких корней равна 2–3 мес. Это предположение было результатом прямых измерений общей длины корней и оценки изменения их массы во времени еще до внедрения технологии ризотронов и миниризотронов. Большинство результатов, полученных с помощью миниризотронов, основано на выборочном учете с периодом от 2 до 4 недель, что не обеспечивало точную оценку массооборота в случаях, когда его фактическая скорость была менее 4 недель. Результаты многих исследований последних лет основаны на предположении, что латеральные тонкие корни живут в течение 2 недель. Однако если отсчеты миниризотрона выполняются с периодом более недели, то невозможно установить, живет ли данная масса корешков больше или меньше этих двух недель. Отсюда, по мнению Р. Зобеля (Zobel, 2003а), возникает интересный вопрос: какими корешками замещаются отмирающие – такими же латеральными или придаточными? Механизм замещения придаточными корешками достаточно простой, но позволяет ли перицикл развиваться новым латеральным корешкам по соседству с отмершими?

Обобщая известные результаты исследований по продолжительности жизни тонких корней, Р. Зобель (Zobel, 2003а) полагает, что она определяется наличием элементов питания и микоризы. Продолжительность жизни корней является решающим фактором общего функционирования корневой системы. Короткая продолжительность жизни требует непрерывного

Электронный архив УГЛТУ

новообразования корешков взамен отмерших для поддержания стабильной абсорбционной поверхности во времени. Варьирование соотношения отмерших и вновь возникших тонких корней обусловливает увеличение или уменьшение их общей длины. Если наличие элементов питания способствует притоку ассимилятов к тонким корням в данном объеме ризосферы, то продолжительность их жизни возрастает, а масса корней в итоге резко увеличивается (см. также: Hodge, 2004). Это обеспечивает растению механизм реагирования на изменение условий среды путем изменения пространственной экспансии корневой системы, которое иногда достигает катастрофического уровня. Например, в условиях сухой степи юга России периодические засухи вызывают у сосны отмирание до 99 % тонких корней в верхнем метровом слое почвы (Воронков, Невзоров, 1981).

В заключение Р. Зобель взамен перечисленных выше четырех сомнительных допущений предлагает одно новое: *корневая система растения лучше всего описывается как интеграция множественных генетически и анатомически обусловленных классов (ступеней) функциональных корней.* Он полагает, что, принимая это допущение без предубеждения в отношении диаметра корешков и сокращая период между их выборочными учетами системой миниризотрона до одной недели и менее, можно в конечном счете ответить как на первый вопрос К. Прегитцера: «Какие корни действительно отмирают?», так и на второй, более важный: «Что такое тонкие корни?»

Как уже отмечалось, методы определения *NPP* лесных экосистем, основанные на измерениях их фитомассы, подразделяются на две группы: в первом случае их продукция определяется *в режиме реального времени* роста насаждения, а во втором – оценивается *ретроспективно*, т. е. по годичным кольцам образцов древесины стволов, ветвей и скелетных корней с последующим расчетом относительных приростов и экстраполяцией последних на дерево и древостой. Первый метод применяется редко, так как варьирование значений, получаемых в течение сезона, очень велико, и величина надземной *NPP* может оказаться недостоверной. Сказанное применимо и к оценке *NPP* тонких корней традиционными методами. Причина неопределенности – *в оценке малых величин по разности больших сильно варьирующих значений* (Vogt et al., 1986a; Chen et al., 2000).

Определение первичной продукции корней более проблематично по сравнению с надземной частью уже вследствие их меньшей доступности для анализа во времени и в пространстве ризосферы. Из-за функциональных различий скелетных и тонких корней метод определения их *NPP* не может быть один и тот же (Орлов, 1967). В частности, для скелетных корней наиболее приемлемы методы второй группы (ретроспекция по годичным кольцам), а для непрерывно отмирающих тонких – лишь первой (оценка в режиме реального времени).

Остается нерешенной проблема установления объема понятий *сосущие (активные) и тонкие корни*, поскольку только размерные показатели неадекватно отражают физиологические особенности этой фракции. Принимаемый диапазон максимальных толщин тонких корней колеблется от 1 до 5 мм, а сосущих – от 0,1 до 0,6 мм (Иванов, 1953б; Орлов, 1955, 1967), и доля сосущих корней в тонкой фракции неизвестна. Сохраняется и неопределенность с разделением сосущих корней и микоризы в общей массе этого структурного и физиологического симбиоза (Орлов, 1967).

Электронный архив УГЛТУ

Масса тонкой фракции корней (< 1 мм) у сосны в условиях сухой степи достигает 82 % (Усольцев, 1988) и даже 95 % (Будаев, 1971) к общей подземной вместе с пнем и превышает массу хвои в 6–8 раз (Усольцев, 1997; Усольцев, Залесов, 2005а). А.А. Титлянова и Ю.Л. Цельникер (устное сообщение) полагают, что эти значения массы тонких корней завышены в 4–5 раз и фотосинтетитеский аппарат не в состоянии обеспечить подобный расход энергии на дыхание тонкой фракции, который в некоторых случаях достигает 22–28 % от количества углерода, ассимилированного при фотосинтезе (Цельникер, 2005). Однако если допустить, что в массе тонких корней (< 1 мм) сосущую функцию выполняют лишь корни толщиной < 0,1…0,5 мм и в критическом состоянии деревьев в экотоне *лес–степь* модифицируются процессы метаболизма, то артефакта может и не быть.

По М.А. Абражко (1983), отношение массы тонких корней (< 0,6 мм) к массе хвои ели нарастает экспоненциально по мере ухудшения условий местопроизрастания (правда, у нее лимитирующий фактор – аэрация, а в сухой степи – влага). Может быть, в словах А.М. Молчанова (1998): «Вся нелинейность «сидит» на границе раздела, а поведение в большей части фазового пространства описывается линейными уравнениями» – есть доля истины, и «поведение» деревьев в критических ситуациях экотонов, т. е. в так называемой триггерной полосе, или петле гистерезиса (Алексеев, 1976; Экосистемы…, 1989; Арманд, Ведюшкин, 1989), еще таит массу сюрпризов?

Например, на Камчатке тонкие корни лиственницы функционируют в течение года всего две недели (устное сообщение Д.Ф. Ефремова). Средняя продолжительность жизни хвои у сосны обыкновенной в таежной зоне составляет 3–4 года (Ткаченко и др., 1939) и возрастает к северу и югу, достигая на обоих пределах 7–8 лет (Петров, 1961). Но чем объяснить, что в одинаково влагодефицитных условиях степи хвоя сосны в Казахском мелкосопочнике (граниты и древние коры выветривания, повышенный уровень природной радиации) живет до 10 лет (устное сообщение А.И. Верзунова), а на Украине в Велико-Анадольском лесном массиве на черноземах – 1,0–1,5 года? Критические состояния экосистем в экотонах будут рассмотрены в следующей главе.

Таким образом, основная проблема заключается в оценке *NPP* тонких корней. Наиболее распространены три метода ее определения: 1) метод «емкости врастания»; 2) метод монолитов, которые берутся через определенный интервал времени с помощью шаблонов-корнерезов и последующей оценкой годичного прироста массы тонких корней; 3) метод миниризотрона – специальной трубы-эндоскопа, вставляемой в почву для слежения с помощью совмещенной с компьютером видеокамеры за ростом каждого доступного для наблюдения корневого окончания. Полную *NPP* тонких корней либо их массооборот (root turnover), определяемый как отношение годичной продукции живых плюс отмерших тонких корней к среднему за сезон значению массы живых (Janssens et al., 2002), можно учесть лишь при использовании метода миниризотрона, когда отслеживаются сезонный рост и отмирание каждого корневого окончания; в противном случае невозможно установить, корни какого года (текущего, прошлого, позапрошлого и т. д.) прироста отмерли именно в текущем году и учтены в опаде этого года.

Установлено (Makkonen, Helmisaari, 1999), что при оценке *NPP* тонких корней первые два метода дают примерно одинаковые, но заниженные ре-

Электронный архив УГЛТУ

зультаты, поскольку не учитывают одновременный характер новообразования и отмирания корней между двумя последовательными замерами (Kurz, Kimmins, 1987; Hendrick, Pregitzer, 1993). Этого недостатка лишен метод миниризотрона, хотя и он имеет специфичные минусы. В целом применение метода миниризотрона в комбинации с традиционным деструктивным выборочным учетом и радиоуглеродным методом весьма перспективно. Последний, правда, нуждается в дополнительной проверке (Tierney, Fahey, 2002).

В отношении *NPP* как надземной, так и подземной фитомассы имеется неопределенность в вопросе, какую часть годичного опада надземной и подземной фитомассы можно приплюсовывать к приросту текущего года для получения полной годичной продукции? В отличие от тонких корней опад листвы, хвои и побегов текущего года ничтожно мал (по крайней мере, в бореальных лесах), и потеря *NPP* происходит в основном за счет консументов. Органическое вещество, опавшее в течение вегетационного периода (кроме листвы у листопадных), было образовано не в текущем, а в предшествующие годы, поэтому не может быть включено в *NPP* надземной фитомассы; иными словами, этот опад (как и задержавшийся на стволе и живых ветвях отмерший скелет кроны) входит не в приходную, а в расходную составляющую углеродного цикла.

Исходя из определения полной годичной продукции с учетом массооборота, можно допустить, что в ее состав следует включать опад лишь из прироста фракций, который сформировался в течение текущего (учетного) года. Применяемый до сих пор термин *истинный прирост* как разность между *NPP* и отпадом фитомассы прошлых лет (Базилевич и др., 1978) при условии равенства скоростей опада и разложения может быть идентифицирован как *NEP*.

Поскольку при оценке *NPP* корней в режиме реального времени получаемые результаты часто не оправдывают затраченных усилий, применяются косвенные методы, в частности оценка продукции корней исходя из предполагаемой пропорциональности относительных приростов подземной и надземной фитомассы (Whittaker, Marks, 1975; Harris et al., 1977). В Китае с использованием подобной методики заложено более 1000 пробных площадей (Jiang et al., 1999б).

Однако полученные на основе современных методик, в том числе с применением миниризотронов, данные свидетельствуют о том, что *NPP* тонких корней может превышать в несколько раз *NPP* надземной фитомассы и даже листвы (Harris et al., 1977; Santantonio, 1980; Cannell, 1989) и что все ранние оценки *NPP* корней, выполненные «деструктивными» методами, были занижены.

Независимо от метода определения *NPP* тонких корней имеется ряд неопределенностей по поводу соотношения оценок их массооборота. Отметим две из них.

Первая (географическая) состоит в наличии двух взаимоисключающих зависимостей массооборота тонких корней от их наличной массы. Согласно одной из концепций (Базилевич, Родин, 1968; Будаев, 1971; Усольцев, Крепкий, 1986), масса тонких корней и продолжительность их жизни синхронно возрастают при переходе от благоприятных к жестким условиям произрастания. Поскольку продолжительность жизни является величиной,

Электронный архив УГЛТУ

обратной массообороту, это означает, что между массооборотом тонких корней и их наличной массой существует обратная зависимость. Но это противоречит результатам Кристины Вогт с соавт. (Vogt et al., 1986б), которые установили для хвойных лесов умеренной и бореальной зон положительную зависимость.

Вторая неопределенность связана с результатами А.Я. Орлова (1967) и И.Н. Рахтеенко (1960, 1963). Применяя метод «стеклянной стенки» с некоторыми модификациями, первый автор дает массооборот тонких корней ели и сосны равным 0,2–0,4, а второй – 4–8 от наличной массы тонких корней тех же пород. Если исключить возможность методически обусловленной несопоставимости, то единственная причина расхождений результатов на порядок – зональная, поскольку авторы работали соответственно в зонах тайги и широколиственных лесов. Тогда почему примерно одинаковая продолжительность жизни тонких корней деревьев (1–2 года) установлена в бореальных лесах Финляндии (Janssens et al., 2002) и лесах умеренной зоны Центральной Японии (Tateno et al., 2004)?

Выявленные сегодня связи *NPP* тонких корней с почвенными условиями противоречивы. Согласно одним из них (Deans, 1979; Santantonio, Hermann, 1985; Cannell, 1989), величина *NPP* резко снижается в условиях повышенного уровня обеспечения элементами питания и влагой. Согласно другим (Grier et al., 1981; Vogt et al., 1986б; Gower et al., 1992), по мере роста доступности элементов питания возрастает лишь надземная продукция, а продуцирование тонких корней обратно пропорционально росту надземной продукции. Наряду с приведенными двумя полярными мнениями, тонкие корни характеризуются и как индифферентные к почвенному питанию (Tateno et al., 2004).

Ж. Парде (Pardé, 1980) в качестве одной из главных неопределенностей при оценке первичной продукции многолетних частей дерева выдвигает варьирование ширины годичного кольца во времени и по длине того или иного сегмента. Следствием такого варьирования является неопределенность с понятиями текущего и среднепериодического приростов. Но есть и множество других неопределенностей, которые при разных методах и их модификациях могут перекрывать смещения, связанные с проблемой годичного кольца. Это противоречия, касающиеся соотношений подземной и надземной продукции, определения доли тонких корней в общей их массе, оценки общей массы и *NPP* тонких корней с учетом массооборота, познания механизмов, контролирующих формирование, отпад и разложение тонких корней, а также степень относительного смещения этих трех процессов во времени. Отдельная проблема связана с ролью корневых волосков и микоризы в продукционном процессе, а также с долей нижних ярусов и генеративных органов в общей продукции.

У каждого метода оценки продукции фитомассы есть специфичные достоинства и недостатки, значимость которых каждый автор оценивает обычно субъективно, и количественные критерии «лучшего метода» достаточно неопределенны.

В целом оценки *NPP* подземной и надземной частей насаждения, как и валовых значений той и другой составляющей фитомассы, несопоставимы по сложности. Основные компоненты надземной фитомассы доступны для прямых измерений в режиме реального времени либо ретроспективно. При изучении подземной части лесной экосистемы, спустившись в «подвалы

Электронный архив УГЛТУ

биосферы», исследователь по существу работает «наощупь» и оказывается в положении, сложность которого ассоциируется с известным китайским изречением: «Трудно ловить черную кошку в темной комнате, особенно когда ее там нет». В подобной ситуации оптимизация технологии выборочного учета массы и *NPP* корней выходит далеко за рамки сухой статистики, когда математико-статистические методы исследования предоставляют необходимый, но далеко не достаточный инструментарий. Суть проблемы достаточно точно была сформулирована А. Капланом (цит. по: Харвей, 1974): «Способность измерить что-то зависит не от объекта, а от нашего понимания его, от наших знаний о нем, наконец, от нашего мастерства и изобретательности в осуществлении самого измерения» (с. 295).

Для большинства обсуждаемых здесь неопределенностей есть по крайней мере две достаточно объективные теоретические предпосылки. Одна из них заключается в свойственном любому исследованию порочном круге, в котором находятся основные исходные процедуры исследования, а именно: *определение*, *измерение* и *классификация*. Исторически и логически определение предшествует измерению. Но, с другой стороны, оно предполагает наличие классификации, тогда как классификация и измерение предполагают определение (Харвей, 1974). Применительно к проблеме тонких корней это означает, что прежде, чем их измерять, необходимо знать, что измерять, т. е. иметь определение понятия *тонкие корни*. Однако чтобы конкретизировать это понятие, необходимо иметь классификацию корней, а она невозможна без измерений.

Вторая предпосылка проявляется в случаях, когда параметры, достаточно сильно влияющие на искомый результат, оказываются настолько неопределенными, что не поддаются точному количественному анализу. Ситуация определяется так называемым *принципом несовместимости*: чем глубже анализируется реальная сложная система, тем неопределеннее наше понимание ее поведения (Заде, 1974; Розенберг, 1980). Л.А. Заде (1974) предложил для таких ситуаций математический язык, оперирующий не числами, а элементами некоторых нечетких множеств и алгоритмов, позволяющий сформулировать задачу и дать ее приближенное решение. При этом он сознает, что покушение на укоренившееся в науке отождествление *понимания явления* с возможностью его *количественного анализа* «означает взять диссонирующую ноту» (с. 7).

По мере развертывания исследований по проблеме биологической продуктивности лесов становится все более очевидным, что масса неопределенностей, связанная с этой проблемой, не только не сокращается, а, напротив, все более возрастает. Тем не менее, несмотря на множественные неопределенности в оценке *NPP*, сегодня имеются реальные предпосылки для того, чтобы сформировать достаточно репрезентативную базу данных о фитомассе и *NPP* лесных экосистем и на основе математико-статистических методов и новейших технических достижений оптимизировать технологию как выборочного учета надземной и подземной фитомассы и *NPP*, так и их экстраполяции на лесные территории.

Электронный архив УГЛТУ

Глава 3

ЛЕСНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ В ЭКОТОНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Неизбежность глобального потепления, обусловленного ростом концентрации атмосферного CO_2 в результате сжигания все возрастающего количества ископаемого углеродного топлива, была показана еще в конце XIX в. в работах Аррениуса (цит. по: Будыко, 1974), которые в дальнейшем были забыты.

Подобные климатические ситуации уже имели место в прошлом (рис. 3.1). Однако в настоящее время ситуация отличается тем, что, во-первых, при относительно небольшой доле антропогенного фактора (20 %) ранее он никогда такого уровня не достигал и, во-вторых, его действие нарастает экспоненциально. Если при действии естественных факторов на изменение климата отрицательные и положительные обратные связи в той или иной степени уравновешиваются, то этот 20-процентный и неуклонно нарастающий вклад может оказаться пусковым механизмом для доминирования положительной обратной связи, когда климатические изменения станут необратимыми (Perry et al., 1991).

Для оценки климатогенных изменений в структуре лесного покрова особый интерес представляют системы экотонов, поскольку именно здесь наблюдается наиболее выраженная реакция растительности на изменение климата, а изменения структуры растительности сконцентрированы на относительно небольшой территории (Изменение климата..., 2003). Изуче-

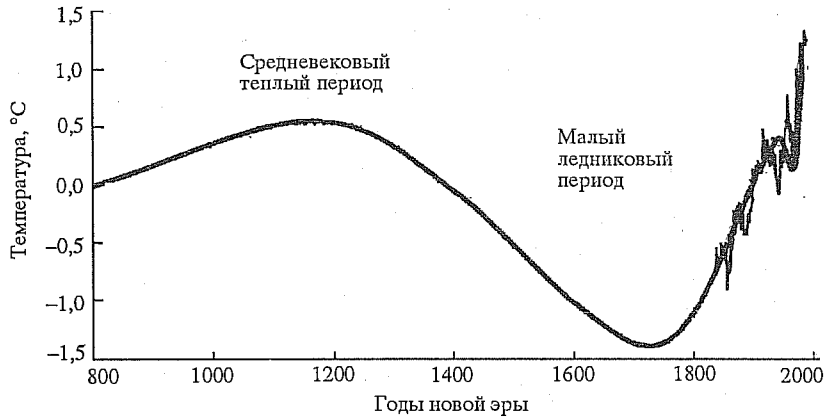


Рис. 3.1. Изменение температуры приземного воздуха и поверхности Земли по результатам геотермической реконструкции климата (Демежко, 2003; Демежко и др., 2003)

Электронный архив УГЛТУ

нию пространственно-временной динамики переходных растительных сообществ в высокогорьях, на северной и южной зональных границах лесной растительности уделяется исключительно большое внимание в связи с необходимостью оценки их реакции на современные и будущие изменения климата (Kullman, 1990; Körner, 1999; Bugmann, Pfister, 2000; Holtmeier, 2003; Shiyatov, 2003; Шиятов и др., 2005). Эта динамика должна оцениваться в терминах биологической продуктивности, поскольку, во-первых, она является определяющей характеристикой растительного покрова и, во-вторых, ее показатели менее всего изучены именно на зональных и верхних пределах лесного ареала, что вносит неопределенность в оценку углеродного цикла лесов.

Хотя сторонники флористического подхода к классификации растительности не рассматривают экотон в качестве объекта классификации (Миркин и др., 1989), в нашем изложении проблемы, где первостепенное значение уделяется биопродукционному аспекту, понятие *экотон* нельзя игнорировать.

3.1. РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭКОТОНЕ

Первые описания переходных состояний растительности на ее верхнем пределе в горах Европы появились более 200 лет назад (Hacquet, 1779; Zschokke, 1804, 1805), а спустя 50 лет началось систематическое изучение. Катастрофические последствия схода снежных лавин, особенно в середине 1950-х гг. в Альпах, стали весьма весомым стимулом для подобных исследований (Holtmeier, 2003).

Термин *экотон* (от греч. oikós – дом, место и tonos – оттенок) получил распространение в англоязычной литературе после работ Ф. Клементса (Weaver, Clements, 1929), означая переход между двумя сообществами растений. По Юдж. Одуму (1975), «экотон представляет собой переход между двумя или более растительными сообществами, например между лесом и лугом... Это приграничная полоса, или зона напряжения» (с. 203); по Б.М. Миркину с соавт. (1989) – «переходная зона между фитоценозами» (с. 211); по Э.Г. Коломыцу с соавт. (1993) – «не просто переходная полоса между двумя относительно однородными биотическими сообществами. Это вполне самостоятельное структурное образование биосферы, нередко отличающееся от соседних однородных экосистем повышенной сложностью ценотической структуры и более интенсивным вещественно-энергетическим обменом, а в конечном итоге и более высокой биопродуктивностью» (с. 11); по А.Д. Арманду и Г.В. Кушнаревой (1989) – переход экосистем через критическое состояние – триггерная полоса.

В.П. Семенов-Тян-Шанский (1928), анализируя пограничные состояния природных комплексов, предлагает называть *границей* место смены географических явлений, *рубежом* – границу резкую, где одно явление сразу обрывается, уступая место другому, и *пределом* – границу нерезкую, где одно явление постепенно заменяется другим. Процесс взаимного проникновения двух природных комплексов показан на рис. 3.2, где кружки и крестики обозначают характерные части сопредельных ландшафтов, например леса и степи, с двумя вариантами выделения границ – «грубым» и «тонким».

Электронный архив УГЛТУ

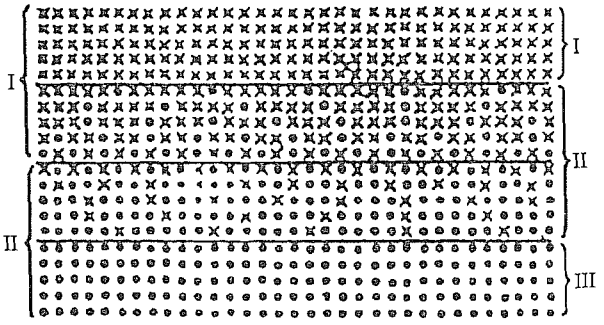


Рис. 3.2. Взаимное проникновение признаков двух природных комплексов и варианты проведения границ между ними (слева – грубый, справа – тонкий).
I, II слева – соответственно северная и южная полосы; I, II, III справа – соответственно северная полоса чистого типа, переходная полоса смешанного типа и южная полоса чистого типа (Семенов-Тян-Шанский, 1928)

Г. Вальтер и Е. Бокс (Walter, Box, 1976) ввели представление о зональном экотоне как переходном состоянии растительности, возникающем под действием абиотических факторов, главным образом климата, когда один ее тип заменяется другим или оба конкурируют друг с другом, формируя либо макромозаичный покров, либо равномерное смешение элементов. К зональным экотонам они отнесли лесотундру, колочные леса Западной Сибири, зоны хвойно-широколиственных лесов Европы, лесостепь и другие подразделения растительного покрова переходного характера.

После введения в обиход понятия *экотон* его стали постепенно расширять, и так стали называть все переходные области, при первом взгляде на которые создавалось впечатление расплывчатых границ между растительными сообществами (Сочава, 1979). Изучение переходных состояний природных объектов постепенно охватывает все более широкую область биологических, экологических и географических наук. Работами Б.Б. Полынова (1956) был поставлен вопрос об исследовании сопряженных рядов почвенных профилей и вошло в употребление понятие *катена* как пространственный ряд сопряженных геохимических ландшафтов (Глазовская, 1964; Перельман, 1975; Базилевич и др., 1986). В геоботанике возникло понятие *континуума* растительных сообществ (Раменский, 1938), развиваются исследования фитоценотических рядов (Грейг-Смит, 1967; Василевич, 1967), а внимание географов все более привлекают переходные как в пространстве, так и во времени состояния ландшафтов и геосистем, (Арманд, 1955; Сочава, 1978). Стимулом для количественного описания переходных процессов в естественных науках стала теория катастроф (Thom, 1972; Thom, Zeeman, 1975; Чиллингуорт, 1979).

Переходные состояния растительного покрова Северной Евразии можно представить в виде своеобразной иерархической системы пространственных экотонов:

1) зональный экотон – бореальный пояс как переходное состояние, с одной стороны, между тундрой на севере и степью на юге в широтном направлении и с другой – между формациями морского климата Атлантического побережья через полюс континентальности в Сибири к формациям морского климата Тихоокеанского побережья, формирующий в первом приближении седлообразную «поверхность продуктивности» со смещенным на восток минимумом (Усольцев, 2003);

2) подзональный экотон – лесостепь и лесотундра как переходные состояния между лесом и степью на юге и между лесом и тундрой – на севере;

3) высотный экотон – пояс растительности по высотному профилю в горах как переходное состояние между лесом равнин и травянисто-моховой

Электронный архив УГЛТУ

формацией гольцов в гумидном климате или между степью равнин и растительностью гольцов в сухом климате;

4) фитоценотический экотон – опушка как переходное состояние между лесными и степными (тундровыми, болотными) фитоценозами.

Этот иерархический перечень не претендует на полноту, особенно в диапазоне ландшафтов между второй и третьей позициями, с одной стороны, и четвертой – с другой. Можно, например, и лесотундру разделить на две полосы – лесо-кустарниковую и тундрово-кустарниковую (Лесков, 1947).

Тем не менее попытаемся рассмотреть некоторые моменты развития и состояния представлений о трех последних экотонах, не рискуя отождествлять с ними весь бореальный пояс и понимая, что достичь полной ясности при таком обсуждении, по выражению А. Геттнера (цит. по: Арманд, 1955), «равносильно попытке найти квадратуру круга». Особенно если принять во внимание следующие высказывания: «...В природе нет скачков *именно потому*, что она слагается сплошь из скачков» (Энгельс, 1941, с. 219); «...Проведение границ принципиально возможно почти через любую точку поверхности земного шара, так как в каждой точке что-нибудь меняется» (Д.Л. Арманд, цит. по: Коломыц, 1988, с. 26); «Любая природная граница – это в действительности переходная зона, которая имеет две собственные границы. Они, в свою очередь, также являются переходными зонами с их собственными границами, и так до бесконечности. Следовательно, положение природной границы в принципе неточно и поэтому определяется по согласию» (Armand, 1992).

3.1.1. ЭКОТОНЫ *ЛЕС–ТУНДРА*

На северном пределе лесов экотон идентифицируется как зона напряжения (tension zone, см.: Griggs, 1946) между лесной и нелесной растительностью. Наличие конкурентной борьбы между растительными формациями на северном пределе лесов отмечали уже первые их исследователи. Академик К. Бэр после экспедиции на Кольский полуостров писал (Bär, 1838; цит. по: Танфильев, 1953): «...Лишаи и мхи ведут с остальною растительностью беспрерывную и всегда победоносную борьбу. В этом я особенно убедился, когда пожелал ближе исследовать лес, который, казалось, закрывал горизонт. Подойдя ближе, я заметил, что не только этот лес распался на отдельные, широко расставленные деревья на высохшей и уже обраставшей лишаями почве, но что крайние ряды дерев уже давно успели умереть и своими белыми, причудливо изогнутыми и корявыми стволами напоминали мумии далекого прошлого» (с. 135).

Аналогичное явление гибели лесных опушек и отступания лесов к югу описывают А. Шренк в 1837 г. в Тиманской и Большеземельской лесотундрах, А. Миддендорф и С. Зоммиер в 1860 и 1896 гг. на севере Сибири, Ф. Шмидт в 1872 г. в низовьях Енисея, О. Кильман в 1890 г. на Кольском полуострове (цит. по: Танфильев, 1953), объясняя это изменением климата.

Но уже спустя четверть века А. Журавский (1915) на основании 7-летних исследований бассейна Печоры и Большеземельской тундры фиксирует противоположный процесс: «Параллельно дегрессии Океана и иссяканию водоемов его бассейна, вне всяких сомнений, дендрогеографическая граница, или граница древесной растительности и «линия континентальности»... продвигаются на север» (с. 238) и далее: «Север, следовательно, пе-

Электронный архив УГЛТУ

реживает возвращение геологически-климатической амплитуды к *максимуму*, а не к минимуму...» (с. 241).

Б.Н. Норин (1961) пишет, что перечисленные авторы изучали лишь крайние северные форпосты древесной растительности, а не всю полосу лесотундры, и пытается ответить на вопрос, что такое лесотундра. Проанализировав около 100 отечественных публикаций, имеющих отношение к растительному покрову лесотундры, он сформулировал основные особенности лесотундрового типа растительности: 1) сочетание сомкнутости поверхностных корневых систем деревьев и одновременно – их редкостойности обусловливает, с одной стороны, эдификаторную роль деревьев, а с другой – свободное развитие светолюбивой тундровой флоры; 2) лесотундровый тип растительности характеризуется наличием оригинальных жизненных форм (криволесье, стланик и др.) и особым флористическим (гипоарктическим) элементом и формирует на севере Евразии особую зону лесотундры с ее общностью природных условий (климат, почвы и др.).

Далее, касаясь вопроса отграничения лесотундры от северной тайги, он пишет, что в настоящее время сделать это невозможно вследствие недостаточной фитоценотической изученности переходной зоны. По-видимому, с ростом изученности переходной зоны появится проблема ее отграничения от смежных, и данный процесс может быть бесконечным. О наличии неопределенности в подобном подходе уже упоминалось выше и было подтверждено С.Г. Шиятовым (1985), о чем речь пойдет ниже.

В пределах переходной зоны между лесом и тундрой по общему широтному градиенту имеются и более резкие переходы по градиенту *речная пойма – плакор*. А. Миддендорф (1860; цит. по: Танфильев, 1953), по-видимому, одним из первых отметил это явление на Таймыре и объяснил его тепловым стоком сибирских рек, поскольку речные воды там имеют более высокую температуру, чем почва и воздух. Г.И. Танфильев (1911), отмечая, что подобные переходные зоны имеются не только вдоль основных сибирских речных магистралей, но и вдоль их притоков, текущих не в широтном, а в меридиональном направлении, видел причину в дренирующем влиянии рек. Позднее этой же аргументации придерживался В.Б. Сочава (1927).

На территории России экотоны на северном пределе растительности распределены по девяти регионам, соответствующим крупным провинциям. Кратко охарактеризуем сибирские северные экотоны *лиственничный лес – тундра* с 5-го по 7-й регионы (рис. 3.3).

В северной части Западной Сибири лиственница участвует в формировании двух геоморфологических комплексов, соответственно в горных и горно-тундровых редколесьях (Горчаковский, 1965). Принципиальные экологические различия этих типов сообществ на фоне общей низкой теплообеспеченности и развития многолетнемерзлых грунтов накладывают существенный отпечаток на комплекс морфологических и экологических признаков.

В горных и равнинных тундровых редколесьях лиственница имеет вид невысокого (4–9 м) дерева с сильно сбежистым, часто искривленным стволом и низко опущенной кроной (рис. 3.4 на вклейке). Наилучшего развития лиственница достигает в равнинных пойменных лесах, в частности в долине р. Хадытаяхи на Южном Ямале. Здесь она имеет вид высо-

Электронный архив УГЛТУ

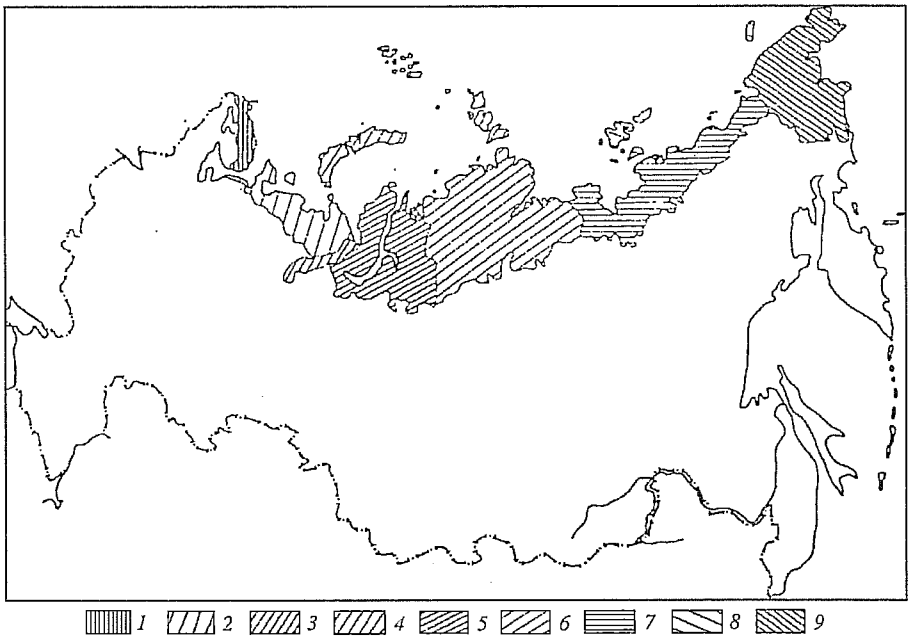


Рис. 3.3. Регионы тундровых и лесотундровых экосистем России:
1 – Кольский полуостров; *2* – Восточно-Европейская провинция; *3* – Полярный Урал; *4* – западные острова Ледовитого океана; *5* – Западно-Сибирская низменность; *6* – Центральная Сибирь; *7* – Якутская провинция; *8* – восточные острова Ледовитого океана; *9* – Чукотско-Анадырская провинция (Карелин и др., 1995)

кого (до 25 м), стройного дерева с узкой цилиндрической кроной. Возраст отдельных экземпляров может достигать 400 лет и более (Матвеев, Семериков, 1993).

Характерную картину последовательного изменения лесного ландшафта на границе леса и тундры по правобережью Енисея между 66° и 70° с.ш. описывает А.И. Толмачев (1926): «Устье реки Курейки лежит почти у самого Полярного круга... Лес сырой и состоит из ели, березы, кедра, пихты, местами лиственницы... К северу от д. Карасинской (66°50' с.ш.) берега Енисея продолжают оставаться лесистыми, но постепенно лес становится все более низким, причем береза и ель убывают в количестве, уступая место неизменно преобладающей лиственнице. За д. Лузино ... лес принимает совершенно чахлый характер, состоит из стоящих более или менее разреженно лиственниц, среди которых попадаются одиночные ели и иногда березы. Постепенно редеющие лиственничные перелески мы наблюдаем вплоть до д. Дудинки. Севернее Дудинки мы уже не встречаем лесов, хотя разрозненные лиственницы на некотором протяжении продолжают еще представлять обычное явление... У Усть-Енисейского порта (69°39' с.ш.) тундра господствует нераздельно. Одиночные лиственницы, правда, попадаются еще и несколько дальше вниз по Енисею, но они более или менее редки и растут лишь на невполне открытых местах, главным образом по склонам оврагов» (с. 1660–1663).

В Восточной Сибири к северу от 48° с.ш. расположен крупнейший в мире массив лиственничных лесов преимущественно невысокой (IV–Va клас-

Электронный архив УГЛТУ

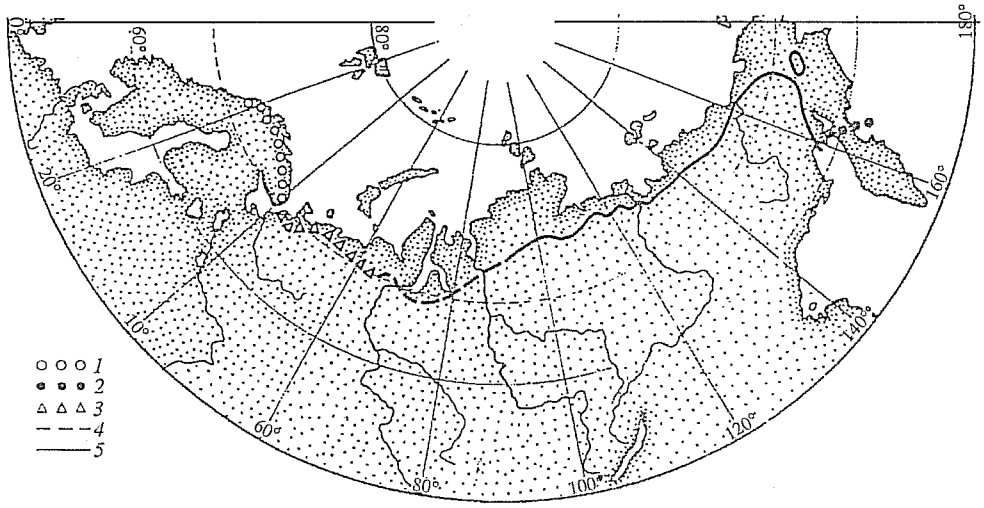


Рис. 3.5. Полярная граница древесной растительности, ограничивающая арктическую зону на юге.

Границу образуют: *1 – Betula tortuosa* Ldb.; *2 – B. ermani* Cham.; *3 – Picea obovata* Ldb.; *4 – Larix sibirica* Ldb.; *5 – L. gmelinii* и *L. cajanderi* (Тихомиров, 1962)

сы бонитета) производительности. На большей части Сибири мерзлотные почвы с глубиной летнего оттаивания менее 1 м вследствие суровой зимы распространяются далеко на юг, а лиственничные насаждения благодаря теплому лету – далеко на север, формируя обширные площади с разреженным пологом при ведущей роли корневой конкуренции (Софронов, Волокитина, 1998). Резкая континентальность климата, являясь фактором, устраняющим конкурентов лиственницы, тем самым способствует ее продвижению в область тундры и в горы. Лиственница образует северную границу древесной растительности на всем протяжении Сибири и Дальнего Востока, выходя далеко за Полярный круг (рис. 3.5). Это широкая переходная полоса от зоны таежных сообществ до полярных кустарниковых тундр, и традиционно она носила название лесотундры или тундролесья.

И.И. Букс (1966) описала район Лено-Оленекского междуречья, расположенный между 68° и 71° с.ш. В растительном покрове здесь преобладают лиственничные редколесья, распространение которых на севере Средне-Сибирского плоскогорья обусловлено суровыми природными условиями. Резкие колебания температур и внезапные смены погоды в течение вегетационного периода, чрезвычайно низкие температуры зимой, близкое к поверхности залегание уровня многолетней мерзлоты делают невозможным существование здесь сомкнутых древостоев. Орографические условия данного района в некоторой степени усиливают неблагоприятное действие климатических факторов, но отнюдь не являются решающими.

Лено-Оленекское междуречье представляет собой возвышенную равнину, полого наклоненную с северо-запада на юго-восток. Средние высоты на западе района составляют 300–350 м над ур. м., на востоке уменьшаются до 150–200 м. Черты вертикальной поясности появляются лишь в северной, самой высокой части междуречья. Роль абсолютной высоты в изменении ха-

Электронный архив УГЛТУ

рактера растительного покрова здесь несомненна. Но и здесь можно проследить лишь одну высотную границу растительности – между лиственничными редколесьями и тундрой.

Значительная протяженность описываемой территории с юга на север обусловливает некоторые зональные изменения лиственничных редколесий. Меняется флористический состав редколесий, появляются ассоциации, характерные только для северной части района, и исчезают типичные для южной. Зональные изменения выражаются также в увеличении к северу изреженности лиственничного древостоя. В южной части района изредка встречаются участки лиственничного леса, занимающие сравнительно небольшие площади в наиболее благоприятных местообитаниях, обычно на сухих подветренных склонах, на высоких поймах рек. По мере движения к северу фрагменты лиственничного леса встречаются все реже. На плакорах, даже на юге района, древостой лиственницы сильно разрежен (сомкнутость колеблется от 0,1 до 0,4). От южных границ района к северным уменьшается также средняя высота древостоя: на юге она составляет 7–9 м при диаметре стволов 15–18 см, а на севере – 5–6 м при диаметре стволов 12–15 см.

3.1.2. ВЫСОТНЫЕ ЭКОТОНЫ

Х. Кёрнер (Körner, 1998) по поводу высказывания А.Д. Арманда (Armand, 1992) о том, что принципиально неопределяемое положение природной границы должно устанавливаться по согласию, пишет: «Наверное, большинство людей интуитивно придут к согласию в отношении положения границы леса, если они смотрят на нее издалека, например с самолета, но они радикально разойдутся во мнении, если столкнутся с реальной ситуацией на земле» (с. 446). Подобные ситуации показаны на рис. 3.6 (на вклейке). Остановимся на нескольких бытующих определениях границ леса, анализируемых Х. Кёрнером, которые могли бы привести к такому согласию.

В англоязычной литературе верхний предел сомкнутого леса определяется термином *timberline* (граница достаточно продуктивных лесов, древесина которых может быть использована для хозяйственных нужд). Однако сомкнутость редко обрывается круто, и не всегда возможность получения сортиментов определенного размера связана с представлением о лесе. Термин *treeline* (граница деревьев) требует в свою очередь конкретизации понятия *дерево*. Обычно принимают некоторую минимальную его высоту (например, 3 м), но размеры деревьев, как и сомкнутость их полога, в переходной зоне постепенно снижаются. Например, в Новозеландских Альпах некоторые древесные виды проходят через все вертикальные пояса и в конце концов едва достигают 50 см в высоту (Вальтер, 1974).

Еще одно определение – зона конкуренции, или борьбы (*Kampfzone*), имеет отношение к конкретным древесным видам, но тогда переходная зона должна определяться положением одиночных деревьев-аутсайдеров, обусловленным нетипичными, случайными микроусловиями эдафотопа в понимании А.М. Данченко и М.А. Данченко (2005) как «совокупности условий среды, создаваемых почвой» (с. 336). По поводу термина *subalpine line* (субальпийская линия) Х. Кёрнер цитирует Д. Лёве (Löve, 1970): «Можно лишь с грустью констатировать, что здесь царит полная неразбериха, и что-

Электронный архив УГЛТУ

бы хоть как-то ориентироваться в хаосе и непонимании, надо хотя бы знать, где находится географически и к какой школе принадлежит тот или иной участник дискуссии» (с. 446).

Х. Кёрнер (Körner, 1998) верхнюю границу древесной растительности определяет термином *treeline* (придавая ей смысл термина *forestline*, т. е. границы леса, а не дерева) и понимает под этим среднее положение линии, соединяющей наиболее высокие «островки леса» (patches of forest, с. 446) в пределах данного склона или нескольких склонов одной и той же экспозиции. Аналогичную трактовку давали и предшественники Х. Кёрнера (Brockmann-Jerosch, 1919; Däniker, 1923; Hermes, 1955), и, по-видимому, за 80 лет ничего не изменилось.

Представление о высотном экотоне в связи с понятием верхней границы леса детально проанализировано С.Г. Шиятовым (1985). Он считает, что верхняя граница леса является важнейшим ботанико-географическим рубежом в горах, однако до сих пор не существует общепринятого ее определения. На основании анализа литературных источников и собственного опыта изучения верхней границы леса на Урале он рассматривает ее с фитоценотической точки зрения.

Обычно под верхней границей леса понимают линию, которая соединяет самые верхние пункты произрастания лесных сообществ или отдельных деревьев, характеризующихся теми или иными признаками. Наиболее часто используются такие признаки, как сомкнутость крон древесного яруса, площадь участка, высота и диаметр деревьев, форма ствола, хозяйственная пригодность древесины, а также несколько перечисленных признаков одновременно (Шиятов, 1985).

Далее С.Г. Шиятов пишет, что довольно часто встречаются такие определения границы леса, из которых трудно понять, о какой из них идет речь, поскольку использовались очень общие и качественные признаки. Например, у Дж. Карпентера (Carpenter, 1962), О.С. Гребенщикова (1965) и в «Словаре общегеографических терминов» (1976) утверждается, что граница леса – верхний предел древесной растительности в горах. Это определение подходит как к границе леса, так и к границе деревьев. Неясно также, о какой границе идет речь в определении, приведенном в словаре Уэбстера (цит. по: Словарь..., 1976): «Граница леса – это высота гор, на которой прекращается рост деревьев». Столь же нечетко определение, данное Д. Бименом (Beamen, 1962): «Верхняя граница леса – это граница между субальпийским лесом и альпийским лугом».

Многие исследователи под границей леса понимают не линию, а более или менее широкую переходную полосу, ширина которой для верхнего предела леса у разных авторов колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Например, В.И. Комендар (1966) за верхнюю границу леса принимает более или менее широкую полосу (200–250 м), в пределах которой лесная растительность, пребывая в крайних условиях роста и развития, начинает уступать место безлесным растительным сообществам. В более поздней работе (Комендар, 1970) он определяет верхнюю границу как полосу шириной 100–200 м, где деревья имеют минимальную высоту 5 м и сомкнутость крон 0,3–0,4 на участке площадью 1,0 га.

П. Плесник (Plesnik, 1971) рассматривает верхний предел леса как полосу растительности различной ширины, расположенную между лесным по-

Электронный архив УГЛТУ

ясом и поясом криволесий. Она может быть очень узкой, и тогда граница имеет линейный вид. Из практических соображений П. Плесник считает необходимым рассматривать границу как линию, до которой доходят верхние местообитания сомкнутых лесов. Ф. Хольтмейер (Holtmeier, 1967) понимает под верхней границей верхнюю часть лесного пояса до линии деревьев, в то время как Ф. Крал (Kral, 1973) – узкую зону борьбы за существование древесной растительности в экстремальных условиях. По Р. Фонда (Fonda, 1979), верхняя граница леса – это экотонный район, где имеются резко выраженные изменения в физиономии – от деревьев до разнотравных лугов, злаковников и кустарников. В. Биллингс и А. Марк (Billings, Mark, 1957) относят к экотону те безлесные участки вершин гор, которые расположены, хотя и вблизи, но ниже климатически обусловленной верхней границы леса. Безлесье таких участков определяется неблагоприятными микроклиматическими условиями, отсутствием семенного материала и выпасом домашнего скота.

А.И. Лесков (1932) подчеркивал, что переходную полосу нельзя отождествлять с понятием верхней границы леса. Последнюю он определяет как линию, соединяющую крайние точки распространения леса. Н.А. Миняев (1963) под верхним пределом леса понимает узкую полосу распространения древесных насаждений шириной 20–40 м, где в силу потери древесными растениями их эдификаторной роли внедряются чуждые лесному типу растительности ассоциации расположенных выше поясов. Верхняя граница этой полосы, по мнению Н.А. Миняева, и является верхней границей распространения насаждений древесной растительности.

На основе анализа работ предшественников С.Г. Шиятов (1985) пришел к выводу, что хотя понятие *верхняя граница леса* очень широко используется специалистами различных биохорологических дисциплин, но достаточно строгого и общепринятого определения не существует. Для отделения лесных сообществ от нелесных используются самые различные признаки. Во многих работах вообще не указывается, о какой границе идет речь, на основе каких признаков производилось ее выделение, в связи с чем возникают трудности при различного рода сопоставлениях. Это сдерживает изучение полосы контакта между лесными и нелесными территориями.

С.Г. Шиятов считает, что проблема границ в растительном покрове тесно связана с другой не менее важной проблемой – реальностью растительных сообществ в природе. В геоботанике существует два противоположных подхода к пониманию основного объекта исследования. Согласно одному, растительный покров состоит из дискретных сообществ, которые отделены друг от друга более или менее четко выраженными границами. В соответствии с другим растительный покров рассматривается как явление непрерывное (континуум), обусловленное экологической индивидуальностью видов и постепенным изменением условий местообитания.

Большинство исследователей, основываясь на философской концепции прерывности и непрерывности, рассматривают растительный покров как единство противоположностей – прерывного и непрерывного, и С.Г. Шиятов приходит к выводу, что растительный покров – континуум неоднородный. В нем можно выделить как сравнительно однородные, медленно изменяющиеся участки, так и неоднородные, в пределах которых растительность изменяется быстро. Наличие таких сравнительно однородных участ-

Электронный архив УГЛТУ

ков, повторяющихся в сходных условиях местообитания, служит основанием для выделения естественных фитоценотических единиц, которые являются объектом изучения, классификации и отграничения их на местности.

Из существующих видов континуума (пространственного, временно́го и таксономического) С.Г. Шиятов выделяет пространственный по следующим признакам: наличие резких изменений во внешней среде, средообразующее влияние и конкуренция между доминирующими видами, существование переломных точек в ходе изменения прямодействующих факторов, наличие исторически сложившихся группировок растений.

Проанализировав имеющуюся литературу по проблеме, С.Г. Шиятов (1985) пришел к выводу, что понятие, выражаемое термином *экотон*, используется для обозначения переходной полосы как между элементарными территориальными единицами растительности (микрогруппировками, фитоценозами), так и между крупными подразделениями (геоботаническими районами, зонами и поясами растительности). Кроме того, этот термин служит для обозначения переходных полос между экосистемами и условиями внешней среды (Maarel, 1976).

С.Г. Шиятов (1985) полагает, что экотон обладает следующими основными свойствами:

1. Взаимное проникновение и сочетание элементов, свойственных контактирующим сообществам. Роль большинства элементов обычно снижается, а некоторых из них может даже возрасти. Возможно появление новых элементов, отсутствовавших в сообществах. Это приводит к увеличению разнообразия, а иногда и к возрастанию продуктивности растительности в экотоне. Чаще всего такое наблюдается в том случае, когда контактируют сообщества, представляющие различные типы растительности, например в экотоне *лес–болото*. С.Г. Шиятов объясняет это действием *краевого эффекта*. Здесь необходимо отметить, что Юдж. Одум (1975), связывая краевой эффект с увеличением плотности живых организмов, в то же время писал: «Не вызывает сомнений, что плотность деревьев на опушках значительно ниже, чем в лесу» (с. 205). А.Д. Арманд первым признаком критического состояния системы в зоне перехода, куда можно отнести и опушку леса, считает «более или менее значительное уменьшение обилия, проективного покрытия, жизненности доминирующего вида растений» (Экосистемы..., 1989, с. 143).

2. Переходные полосы могут состоять из территориальных единиц растительности различного ранга, но он всегда ниже, чем ранг граничащих единиц. Так, экотон между фитоценозами состоит из комплекса микрогруппировок и других внутриценозных пространственных элементов, в то время как между зонами растительности – из подзональных подразделений растительности. Это следует из положений системного анализа.

3. Экотон – всегда полоса, ширина которой может быть различна, но в большинстве случаев она у́же, чем ширина граничащих территориальных единиц. Ширина экотона зависит от характера контактирующих сообществ, эколого-биологических особенностей доминантов, степени выраженности сукцессионных смен, резкости изменения почвенно-грунтовых и микроклиматических условий и т. д. Кроме того, она меняется по периферии фитоценоза, а также в течение вегетационного периода у сообществ, доминантами которых являются однолетники.

Электронный архив УГЛТУ

Отметив, что большинство исследователей понятия, выражаемые терминами *экотон* и *граница*, считают равнозначными, С.Г. Шиятов (1985) излагает свою точку зрения, согласно которой эти понятия неравнозначны ни с логической, ни с лексической точек зрения. Прежде всего, пространство, занимаемое экотоном, имеет три измерения (длину, ширину и высоту), в то время как пространство, занимаемое границей, двухмерно (длина и высота) или одномерно (длина), когда территориальная единица растительности граничит с участком земной поверхности, не занятым растительным сообществом (ледники, пески, водоемы и т. д.).

Если принять термины *экотон* и *граница* как синонимы, то куда относить переходные полосы при различного рода классификационных построениях и картировании растительности? Не рассматривать их мы не можем, так как они занимают значительную территорию. Если же переходные полосы принимать в качестве территориальных подразделений растительности такого же ранга, как и граничащие подразделения, то тогда снова возникает задача определения новых границ между выделенной переходной полосой и граничащими подразделениями растительности. После осуществления этой операции будут выделены две новые границы, которые также будут представлять собой переходные полосы, только более узкие. Подобное разграничение можно производить до бесконечности, при этом с каждым новым делением количество переходных полос будет возрастать, а их ширина уменьшаться (Шиятов, 1985).

Термины *экотон* и *граница* он не считает синонимами и с лексической точки зрения, так как они обозначают различные предметы. Наконец, необходимо различать эти понятия и с практической точки зрения, особенно при картировании и районировании, при разработке мероприятий по хозяйственному использованию и охране растительности.

Таким образом, С.Г. Шиятов приходит к выводу, что термины *экотон* и *граница* обозначают различные геоботанические образования, они не исключают, а, наоборот, дополняют друг друга и углубляют наши представления о процессах, происходящих на контакте территориальных единиц растительности. Чтобы устранить разнобой и путаницу в понимании этих терминов, следует выражаемые ими понятия не объединять, как это обычно делается, а четко разграничивать.

Применительно к территориальным образованиям растительного покрова как объектам трехмерного пространства С.Г. Шиятов предлагает использовать так называемые первичные понятия, к которым относятся такие термины, как точка, линия и поверхность, и приводит краткие определения, которые наиболее важны для понимания граничных явлений.

Первичным понятием, которое необходимо для определения других, служит *геоботаническая точка*. Под ней подразумевается какое угодно территориальное фитоценотическое образование (микрогруппировка, участок фитоценоза, фитоценоз, комплекс фитоценозов и т. п.), собственными размерами которого можно пренебречь при данной точности исследования. Понятие *геоботаническая точка* аналогично понятию *географическая точка*, но оба принципиально отличаются от понятия *математическая точка*. Последняя безразмерна, в то время как первые имеют размеры, но мы ими пренебрегаем в зависимости от цели и масштаба рассмотрения. В исследованиях на уровне фитоценозов геоботаническими точками служат

Электронный архив УГЛТУ

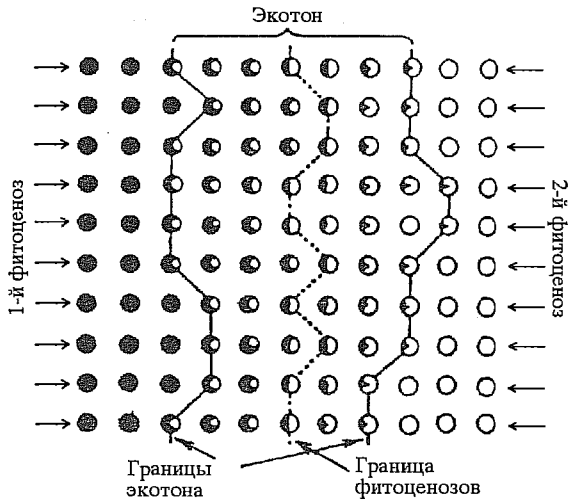


Рис. 3.7. Взаимное проникновение и сочетание элементов в экотоне (Шиятов, 1985). Пояснения в тексте

конкретные описания растительности на мелких квадратных или круговых площадках. Геоботанические точки могут быть охарактеризованы как признаками флористического состава, так и признаками структуры растительности.

Для определения других производных понятий С.Г. Шиятов (1985) предлагает схему (рис. 3.7), где изображена полоса контакта между двумя фитоценозами, в точках которой признаки одного непрерывно уменьшаются по мере углубления в другой фитоценоз. Применительно к явлениям, происходящим на контакте фитоценозов, *экотон* он определяет *как полосу растительности на земной поверхности, точки которой содержат признаки, характерные для смежных фитоценозов*. Другими словами, в экотоне наблюдается взаимное проникновение и сочетание элементов, свойственных контактирующим фитоценозам. Крайние (периферийные) точки по ходу трансект, которые содержат признаки, характерные как для первого, так и для второго фитоценозов, он называет *граничными точками*. Линия на земной поверхности, соединяющая кратчайшим путем граничные точки, образует *границу экотона*. Каждый экотон имеет две границы: одна из них отделяет экотон от первого фитоценоза, а другая – от второго (см. рис. 3.7). Границы экотона на местности устанавливаются наиболее легко, так как за его пределами уже отсутствуют признаки, характерные для соседнего фитоценоза.

При этом возникает задача не только определения зоны перекрытия, но и ее разделения на две части при помощи разграничительной линии. Практически такая линия обычно проводится через точки экотона, в которых признаки смежных фитоценозов выражены примерно в одинаковой степени (см. рис. 3.7): у точек, расположенных в левой части экотона, преобладают признаки первого фитоценоза, в то время как у точек правой части экотона преобладают признаки второго фитоценоза. Точки в пределах экотона, в которых признаки смежных фитоценозов выражены в одинаковой степени, с равным основанием могут быть отнесены как к первому, так и ко второму фитоценозам.

Линию на земной поверхности, которая кратчайшим путем соединяет такие точки, С.Г. Шиятов предлагает называть *границей фитоценозов*. Причем она должна обязательно проходить в пределах экотона, может быть очень извилистой и местами очень близко подходить к границе экотона в зависимости от характера сочетаемости элементов того и другого фитоценоза. Граница фитоценозов делит экотон на две части, которые необязательно должны быть равными по площади. При изучении переходной по-

Электронный архив УГЛТУ

лосы между лесными и нелесными фитоценозами экотон делится на две части: лесную и нелесную, в зависимости от преобладания тех или иных признаков.

С.Г. Шиятов считает, что необходимо различать понятия, выражаемые терминами *граница экотона* и *граница фитоценозов*. Это совершенно разные граничные образования, точки которых характеризуются различной степенью выраженности признаков контактирующих фитоценозов. В зависимости от задач, которые стоят перед исследователем, могут быть выделены границы экотона (а значит, определено положение переходной полосы) и граница между фитоценозами.

Если же растительность изменяется постепенно, т. е. когда отсутствуют качественные различия между соседними участками, выделить эти граничные образования нельзя. При наличии пространственного континуума, когда различия между соседними участками носят не качественный, а количественный характер, растительный покров может быть разделен лишь при помощи условных границ, т. е. *изолиний*. Обычно такая линия соединяет точки, имеющие одинаковые показатели. Условные границы в природе не выражены, они могут пересекать растительный покров в разных направлениях в зависимости от того, какие показатели интересуют исследователя. Через каждую точку земной поверхности можно провести большое количество изолиний. Следует лишь отметить, что на карте они помогают определить положение как экотонов, так и границ, особенно если последние слабо выражены. В тех местах, где происходит более быстрое изменение состава и структуры растительности, наблюдается заметное сгущение изолиний.

Таким образом, если в пределах какой-либо территории растительность изменяется скачкообразно, то на контакте смежных фитоценозов могут быть выделены следующие естественные граничные образования: экотон, границы экотона и границы фитоценозов; если же растительность изменяется постепенно (пространственный континуум), то естественные граничные образования выделить нельзя и в этом случае растительный покров может быть разделен лишь при помощи условных границ.

Рассмотрев естественные граничные образования на примере контакта фитоценозов, С.Г. Шиятов переходит к понятиям *верхняя граница леса* и *экотон верхней границы леса*. С помощью фитоценотических понятий *экотон* и *граница* он определяет *верхнюю границу леса как совокупность фронтальных* (т. е. обращенных вверх по склону) *границ между самыми верхними лесными и примыкающими к ним нелесными фитоценозами*. Отсюда *экотон верхней границы леса* – это *совокупность фронтальных экотонов между самыми верхними лесными и примыкающими к ним нелесными фитоценозами*. Часто используемый в литературе термин *опушка леса* является синонимом термина *экотон между лесным и нелесным фитоценозами*.

Применительно к горам Урала С.Г. Шиятов (1985) выделяет несколько основных видов верхних границ древесной растительности (рис. 3.8).

Прежде всего он различает границы популяционные и фитоценотические. Если в первом случае используются популяционные признаки (крайние пункты местонахождения видов, популяций и внутрипопуляционных подразделений, различающихся по форме роста, жизненности, стадиям развития и т. д.), то во втором – фитоценотические (состав и структура лесных со-

Электронный архив УГЛТУ

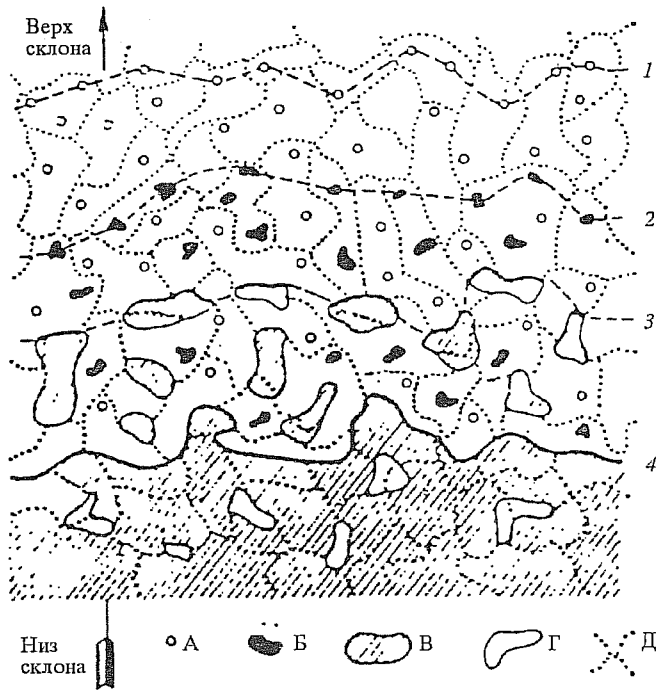


Рис. 3.8. Схема расположения основных видов верхних границ древесной растительности.

Популяционные границы: *1* – отдельных деревьев среди тундровых и луговых фитоценозов; фитоценотические границы: *2* – микрогруппировок отдельных деревьев и групп деревьев, *3* – островных мелколесий, *4* – сплошных массивов мелколесий и высокоствольных лесов (А – отдельные деревья, Б – микрогруппировки отдельных деревьев и групп деревьев, В – лесные фитоценозы, Г – нелесные фитоценозы, Д – границы между фитоценозами) (Шиятов, 1985)

обществ и их фрагментов). Из популяционных границ наиболее важна *верхняя граница произрастания отдельных деревьев среди тундровых и луговых фитоценозов*. Она представляет собой линию на земной поверхности, которая кратчайшим путем соединяет верхние пункты произрастания отдельных деревьев независимо от того, имеют ли они стволовую, кустовую или стланиковую формы роста.

Древесные растения, поселившиеся в тундровом или луговом сообществе, быстро начинают изменять вокруг себя микроклиматические условия. В пределах приствольных кругов появляются виды, характерные для напочвенных синузий лесных фитоценозов. Линию на земной поверхности, которая кратчайшим путем соединяет верхние местонахождения таких микрогруппировок, С.Г. Шиятов называет *верхней границей микрогруппировок отдельных деревьев и групп деревьев* (см. рис. 3.8).

Несколько ниже этой границы появляются островки мелколесий, размеры которых равны или превышают минимальный размер лесного фитоценоза. Чтобы определить положение пространственной границы между лесными и нелесными выделами, необходимо в первую очередь иметь критерий их различия. Какие сообщества следует относить к лесным, а какие – к нелесным – один из наиболее сложных и слабо разработанных в геоботанике вопросов. Особенно противоречивы мнения исследователей относительно таксономической принадлежности высокогорных и северных редколесий.

С.Г. Шиятов (1985) пишет, что большинство исследователей лесотундровые, подгольцовые и субальпийские редколесья относят к лесному (или древесно-кустарниковому) типу растительности. Однако другие считают, что этого делать нельзя, так как в редколесьях отсутствуют многие важные признаки, свойственные лесным сообществам: разреженность древесного яруса, комплексность и мозаичность, быстрая смена нижних ярусов в пространстве, относительная независимость нижних ярусов от верхних, поли-

Электронный архив УГЛТУ

эдификаторность, отсутствие единой фитосреды, специфический набор жизненных форм и своеобразное сочетание флористических элементов. У этой группы исследователей нет также единого мнения о таксономическом положении редколесий: одни относят редколесья к особому лесотундровому типу растительности, другие считают их переходным образованием между лесным и тундровым (луговым) типами растительности, третьи относят их к тундрам.

Поскольку при разделении лесных и нелесных сообществ в первую очередь возникает вопрос, какова должна быть минимальная высота деревьев, при наличии которой можно говорить о выраженности древесного яруса, С.Г. Шиятов считает, что при установлении минимальной высоты деревьев могут быть использованы придержки, вытекающие из следующего определения яруса: «ярус – часть слоя сообщества, к которой более или менее четко приурочены ассимилирующие (листья и стебли) или адсорбирующие и запасающие (корни, корневища, клубни, луковицы) органы» (Быков, 1973, с. 214). Отсюда следует, что о выраженности древесного яруса можно говорить в том случае, когда большая часть ассимилирующих органов древесных растений будет расположена выше яруса кустарников. Другими словами, в качестве минимальной можно принять такую высоту деревьев, которая бы по крайней мере в два-три раза превышала высоту кустарникового яруса. Поскольку высота последнего колеблется от 0,3 до 2,0 м, то о выраженности древесного яруса в различных сообществах можно говорить при достижении древесными растениями минимальной высоты примерно от 1 до 4 м.

Проанализировав литературные данные по структуре редколесий, С.Г. Шиятов (1985) приходит к выводу, что к *лесным сообществам нужно относить такие группировки, в которых площадь фитогенных полей древесных растений равна или превышает половину площади, занимаемой фитоценозом*. Так, если радиус фитогенного поля отдельного дерева принимается равным 4 м, то простейшие расчеты показывают, что необходимо примерно 100 деревьев на 1 га при их изолированном произрастании, чтобы площадь их фитогенных полей была равна половине площади участка. В этом случае среднее расстояние между деревьями составит около 10 м, а проективное покрытие крон (при среднем радиусе кроны 2 м) – несколько больше 0,1. Этот показатель может быть принят в качестве минимальной величины при отделении лесных фитоценозов от нелесных.

Минимальный размер фитоценозов на границе леса С.Г. Шиятов определяет с учетом рекомендации Б.А. Быкова (1957), увеличив в пять раз среднюю высоту древесного яруса. Так как в районе верхней границы леса диапазон колебаний высоты древесного яруса довольно большой (от 1–2 до 13–15 м), то соответственно изменяется и минимальный размер лесных фитоценозов (от 5–10 до 50–60 м в диаметре или от 80–300 до 10 000 м^2).

В целом к лесным фитоценозам С.Г. Шиятов предлагает относить участки растительности, где выражен древесный ярус (высота деревьев превышает высоту кустарникового яруса в 2–3 раза, сомкнутость крон деревьев 0,1 и более), а размер участка превышает пятикратную высоту древесного яруса. Совокупность фронтальных границ между самыми верхними лесными фитоценозами и примыкающими к ним нелесными он называет *верхней границей островных мелколесий*. Эта граница прерывиста, но в случае не-

Электронный архив УГЛТУ

обходимости отрезки фронтальных границ могут быть соединены кратчайшим путем при помощи условных линий (на рис. 3.8 они показаны пунктирной линией). Граница островных мелколесий наиболее хорошо выражена на полярном пределе произрастания древесной растительности. В горах, в частности на Урале, она обычно фрагментарна.

Несколько ниже границы островных мелколесий появляются сплошные массивы мелколесий, а иногда и высокоствольных лесов. Здесь смыкаются фронтальные границы лесных фитоценозов. Совокупность границ между самыми верхними лесными фитоценозами и примыкающими к ним нелесными, по С.Г. Шиятову, представляет собой *верхнюю границу сплошных массивов мелколесий и высокоствольных лесов* (см. рис. 3.8). Обычно она очень извилиста из-за частого внедрения в лесной пояс нелесных фитоценозов. В горных районах в связи с неблагоприятными условиями для произрастания древесной растительности на отдельных участках склонов нелесные фитоценозы часто опускаются очень низко, даже в пределы горно-таежного пояса. В этом случае верхнюю границу сплошных лесных массивов могут образовывать сомкнутые и высокоствольные лесные фитоценозы. В горах Урала верхняя граница леса в большинстве случаев представляет собой верхний предел сплошных массивов мелколесий. Лишь изредка она образована островными мелколесьями и сплошными массивами высокоствольных лесов.

Большое внимание исследователи уделяют выяснению индикационной роли верхней границы леса или отдельных деревьев, растущих на их верхнем пределе (Горчаковский, Шиятов, 1970). Известно, что в горах с резко рассеченным рельефом направление ветров сильно меняется под влиянием местных топографических условий. Деревья с флагообразной кроной, растущие на верхнем пределе леса или близ него, могут служить здесь надежными индикаторами ветровых условий. На основании этого М. Йошино (Yoshino, 1967) составил карту ветровых условий для верхних уровней гор центральной Японии, а также для Швейцарских Альп (Yoshino, 1964).

На территории Урала общие закономерности верхней границы леса выявлены достаточно полно, прослежено изменение ее уровня и состава лесообразующих древесных растений в зависимости от географической широты, высоты и массивности гор, состава горных пород, рельефа, экспозиции и влияния деятельности человека (Горчаковский, 1966). Однако даже на сравнительно небольшом отрезке горной системы положение верхней границы леса и состав древесных пород, выходящих на верхний предел, сильно варьируют.

Амплитуда изменчивости верхнего предела лесов зависит от степени и характера расчлененности поверхности, разнообразия почвообразующих горных пород, состава деревьев-лесообразователей, воздействия человека и ряда других факторов. Хотя эти факторы влияют на растительность совместно, их значение в каждом конкретном случае неодинаково, и обычно удается выделить на том или ином участке какой-то ведущий фактор среды, определяющий здесь положение и характер верхнего предела леса. Выяснение физиономической и экологической дифференциации верхней границы леса представляет большой интерес, так как дает возможность лучше понять характер этого ботанико-географического рубежа и облегчает выяснение его индикационной роли.

Электронный архив УГЛТУ

По-видимому, наиболее детально верхний предел лесов одного из наиболее интересных и типичных участков южной части Северного Урала – Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива и некоторых смежных с ним гор – описан П.Л. Горчаковским и С.Г. Шиятовым (1970). Этот горный массив, как часть единого Кытлымского массива, расположен в подзоне северной тайги (59°30' с.ш.) на водоразделе между верховьями Косьвы (приток р. Камы) и Лобвы (приток р. Ляли, впадающей в р. Сосьву). Он имеет вид короткого (около 20 км) хребта, вытянутого приблизительно с запада на восток, причем западная его оконечность загибается к югу (Горчаковский, 1955). В сторону от него отходят многочисленные отроги. Массив сложен пироксенитами, габбро и дунитами. Несмотря на то, что этот массив геологически и геоморфологически един, отдельные его вершины относительно обособлены и носят самостоятельные названия: Тылайский (1470,6 м над ур. м.), Конжаковский (1569,6 м над ур. м.) и Серебрянский (1305,2 м над ур. м.) Камни (рис. 3.9, 3.10 на вклейке).

Самой крупной горой в западной части массива является Тылайский Камень, состоящий из пироксенитов. В 3 км к северо-востоку от его главной вершины расположена отделенная от нее слегка заболоченной седловиной наиболее высокая часть массива – собственно Конжаковский Камень. Гора также состоит из пироксенитов, имеет вид купола с широким основанием, пологими боковыми гранями и усеченной плоской вершиной, увенчанной крупноглыбовыми скалистыми останцами высотой до 15 м, которые являются высшей точкой всего массива. В 600 м к востоку находится другое, меньшее нагромождение пироксенитовых глыб. На северо-восточном склоне главной вершины выражено несколько террасовидных уступов. Склоны покрыты каменными россыпями, которые служат водосборной площадью для многочисленных ручейков. Из скал главной вершины вытекает речка Катышор, текущая сначала на юг, а затем на юго-восток и впадающая в р. Лобву.

Серебрянский Камень представляет собой узкий длинный хребет (длиной только в гольцовой части свыше 7 км), сложенный габбро. Гребень этого хребта очень скалист и увенчан зубчатой грядой остроконечных скалистых пиков; между отдельными пиками есть небольшие плоские седловины. Боковые склоны круты и каменисты. С северо-восточного склона Серебрянского Камня стекает р. Третья Серебрянка, с юго-восточного – Вторая Серебрянка и с южного – Первая Серебрянка. Первая из них впадает в р. Иов, а две другие – в р. Лобву.

Характер вертикального распределения растительности Серебрянского Камня на основе экологического профилирования исследовала Т.В. Фамелис (1977а, б). Один из профилей, проходящий через его вершину, показан на рис. 3.11. На южном склоне (на рис. 3.11 – слева) граница горно-лесного пояса проходит на высоте 880 м, подгольцового пояса – 1020 м, горно-тундровый пояс поднимается до высоты 1290 м, пояс холодных гольцовых пустынь – до 1305 м. На северном склоне граница горно-лесного пояса проходит на высоте 840 м, подгольцового – 970 м, горно-тундровый пояс, как и на южном склоне, доходит до высоты 1290 м, пояс холодных гольцовых пустынь – до 1305 м.

В поясе горных тундр выделяются полосы кустарниковых, кустарничковых и лишайниковых тундр, которые сменяют друг друга на склонах. Их высотные пределы на южном склоне также несколько выше, чем на север-

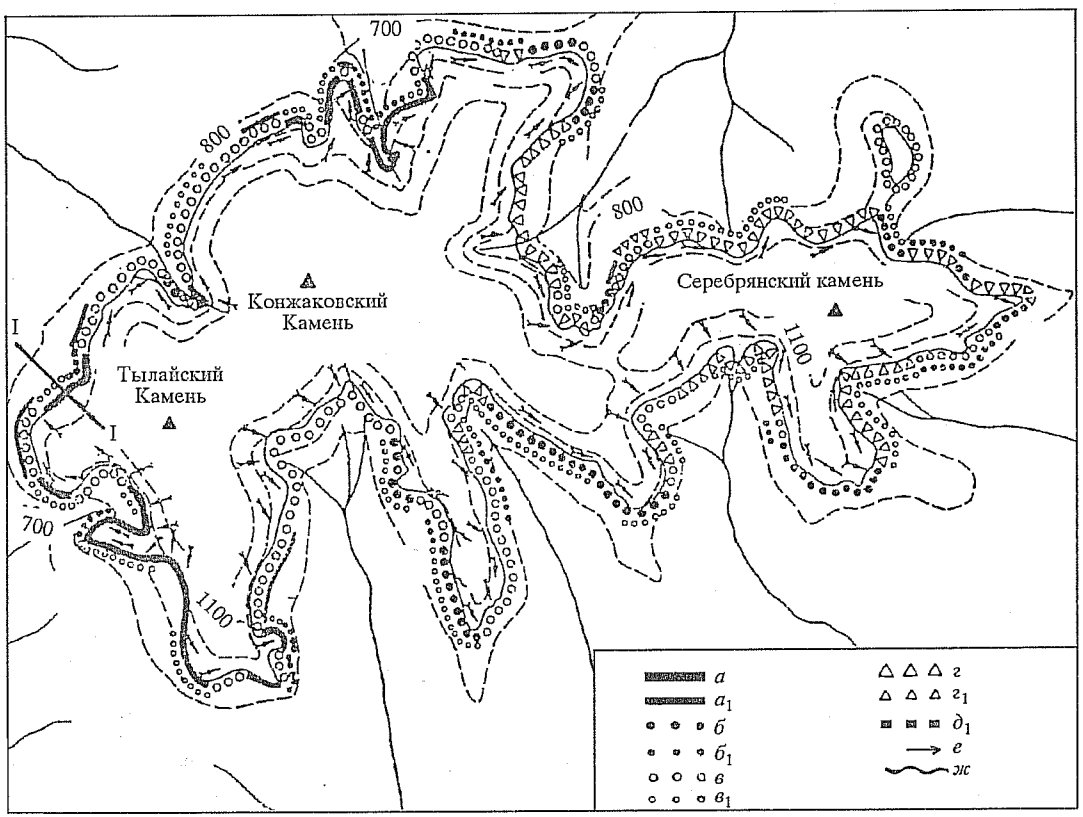


Рис. 3.9. Верхняя граница мелколесий на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском массиве.

Доминанты: *а* – ель сибирская, *б* – кедр сибирский, *в* – береза извилистая, *г* – лиственница Сукачева; **кондоминанты** (не менее 30 % стволовой фитомассы): $а_1$, $б_1$, $в_1$, $г_1$ – соответственно те же виды; $д_1$ – пихта сибирская; *е* – направление флагообразных крон деревьев; *ж* – верхняя граница леса (Горчаковский, Шиятов, 1970); I–I – трансекта в экотоне западного склона Тылайского Камня, на которой заложены наши пробные площади на высотах 864–960 м над ур. м.

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

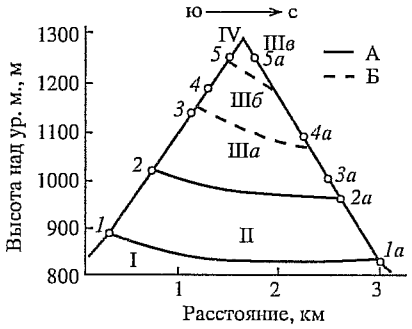


Рис. 3.11. Закономерности высотной дифференциации растительности на склонах Серебрянского Камня.

А – границы поясов; Б – границы полос в горно-тундровом поясе; I–IV – пояса: I – горно-лесной; II – подгольцовый; III – горно-тундровый (полосы тундр: *а* – кустарниковых, *б* – кустарничковых, *в* – лишайниковых); IV – холодных гольцовых пустынь; *1–5* – точки описаний на южном склоне; *1а–5а* – точки описаний на северном склоне (Фамелис, 1977а, б)

ном. На южном склоне полоса кустарниковых тундр простирается до высоты 1150 м, кустарничковых – до 1240 м, лишайниковых – до 1290 м; на северном она доходит до 1075, 1200 м и до 1290 м соответственно.

На профиле прослеживается также связь тундр с разными формами рельефа: лишайниковые занимают верхние части сухих щебнистых склонов, кустарничковые – покатые и пологие склоны, реже относительно ровные поверхности седловин и нагорных террас, кустарниковые – нижние части пологих склонов.

На верхнем пределе леса Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива произрастают следующие древесные виды: лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii*), ель сибирская (*Picea obovata*), кедр сибирский (*Pinus sibirica*), пихта сибирская (*Abies sibirica*) и береза извилистая (*Betula tortuosa*). Из этих видов для верхней границы леса и подгольцового пояса специфичен лишь один – береза извилистая; остальные встречаются в лежащем ниже горно-лесном поясе.

В роли доминантов в мелколесьях на их верхнем пределе выступают четыре вида деревьев – береза извилистая, кедр сибирский, ель сибирская и лиственница Сукачева. Другие образуют лишь незначительную примесь. По видовому составу доминантов выделяются четыре физиономических типа верхней границы леса (Горчаковский, Шиятов, 1970).

Извилисто-березовый тип. Березовые криволесья встречаются повсюду, однако преимущественно они связаны с более увлажненными и снежными западными частями горных массивов.

Кедровый тип. Кедр сибирский – второй по значению древесный компонент в мелколесьях, выходящих на верхний предел леса. Нередко на кромке лесной границы кедр имеет вид очень угнетенного стланика высотой 1–2 м. На защищенных от ветров склонах и в местах, где границу леса снижают языки каменных россыпей, он растет на верхнем пределе в виде дерева высотой до 10–12 м. Средняя высота деревьев 5–6 м. Проективное покрытие древесного яруса в кедровых мелколесьях в среднем равно 50 % с колебаниями от 20 до 80 %.

Еловый тип. В формировании верхнего предела леса ель сибирская принимает почти такое же участие, как и кедр сибирский. В условиях высокогорий это дерево страдает от иссушения побегов, низких температур и снеговой шлифовки. Почки и верхушечные побеги ели нередко отмирают, в результате чего образуются многовершинные деревца. На верхнем пределе леса кроны елей обычно флагообразные. Нижние ветви, зимующие под прикрытием снега, напротив, хорошо развиты и стелются по земле («дерево в юбке»). Непосредственно у границы леса деревца ели обычно имеют высоту 3–5 м, а несколько ниже достигают 6–7 м.

Электронный архив УГЛТУ

Лиственничный тип. Лиственница Сукачева хорошо приспособлена к произрастанию в суровых климатических условиях подгольцового пояса. По сравнению с другими деревьями на границе леса она достигает бóльших размеров (средняя высота – 5–6 м, максимальная – 10–12 м). Лишь на склонах, сильно подверженных воздействию ветров, лиственница принимает вид стланика высотой 0,5–1 м.

Лиственничные мелколесья относительно редкостойны (проективное покрытие древесного яруса в среднем 30–40 %). Они более развиты на восточных и северо-восточных склонах крупных горных массивов, где климат более суровый и континентальный, а снежный покров значительно мощнее (за счет перевевания снега с безлесных гольцов), что вызывает сокращение продолжительности вегетационного периода. В таких условиях среды жизненность более теневыносливых хвойных – ели сибирской и кедра сибирского, обычно вытесняющих лиственницу из древесного яруса, ослаблена, и они здесь не способны конкурировать с ней.

Верхняя граница леса подразделяется на типы не только по породному признаку, но и в зависимости от того, какие факторы ограничивают расселение леса выше в горы (Шиятов, 1970). Наиболее распространено подразделение границы леса на климатически и эдафически обусловленную, т. е. в зависимости от комплекса экологических факторов (Сочава, 1930; Тихомиров, 1941; Галазий, 1954; Горчаковский, 1954 и др.). В.Г. Колищук (1960) в Карпатах выделил термическую, ветровую, эдафическую и антропогенную верхние границы леса, а К.В. Станюкович (1960) применительно к высокогорьям земного шара – температурную, ветровую, эдафическую, снеговую и ледниковую, лавинную, фитоценотическую и антропогенную.

С.Г. Шиятов (1970) изучал типы верхней границы леса на восточном склоне Полярного Урала в бассейне р. Соби, где она представлена в основном лиственничными редколесьями и в незначительной степени – елью сибирской и березой извилистой. Им выделены следующие типы верхней границы леса: термический, ветровой, курумный, болотный, снеговой и лавинный.

Термический тип. На определенной высоте наступает предел, при котором древесные растения не могут произрастать из-за недостатка тепла. Здесь решающее значение имеет температурный режим вегетационного периода.

Ветровой тип. Для Полярного Урала характерны часто и сильно дующие ветры западного направления, особенно в зимнее время. Признаком ветрового типа верхней границы леса является преобладание кустовой и стланиковой форм роста деревьев. Наиболее ярко выражены флагообразность крон и снеговая шлифовка стволов. Деревья приурочены к защищенным от ветров понижениям.

Курумный тип. Для него характерны резкие колебания высотного положения границы леса. Поскольку каменные россыпи местами сильно ее снижают, пояс редколесий сильно сужается, а иногда исчезает совсем. В таком случае границу леса представляют древостои расположенного ниже горно-таежного пояса. На контакте с каменными россыпями произрастают сравнительно высокие деревья стволовой формы роста со слабо выраженной флагообразностью крон.

Электронный архив УГЛТУ

Болотный тип. На пологих склонах и террасах с избыточным увлажнением грунтов развиваются осоково-гипновые и сфагновые болота. Такие местообитания обычно неблагоприятны для произрастания древесных растений, что приводит к снижению верхней границы леса.

Снеговой тип. На подветренных частях склонов и в понижениях рельефа часто происходит скопление мощных сугробов снега высотой до 6–10 м. Сход снега здесь задерживается до середины или конца лета, что сильно сокращает и без того короткий вегетационный период. Если такие сугробы снега отлагаются вблизи верхней граница леса, то происходит ее снижение. Чаще всего это наблюдается на подветренных склонах невысоких сопок.

Лавинный тип. На некоторых крутых подветренных склонах происходит отложение больших масс снега, которые обрушиваются вниз в виде лавин. Они уничтожают встретившуюся на их пути древесную растительность и тем самым снижают верхнюю границу леса. Для этого типа характерно наличие сломанных у основания и поваленных вдоль движения лавины деревьев. Невысокие и тонкие деревца пригибаются к земле, поэтому основания стволов у них саблевидно изогнуты.

П.Л. Горчаковским (2006) в результате многолетних исследований разработана схема высотной дифференциации растительного покрова Уральской горной страны, которая получила признание как в России, так и за рубежом. Его исходная концепция состоит в том, что характер высотной поясности растительности в горном массиве зависит от двух факторов: высоты гор и их положения в системе горизонтальной зональности растительного покрова, т. е. каждому зональному подразделению растительного покрова соответствует свой тип высотной поясности растительности, реализуемый в зависимости от высоты гор. В горах Урала в направлении снизу вверх П.Л. Горчаковским выделены следующие пояса растительности: горно-степной, горно-лесостепной, горно-лесной, подгольцовый, горно-тундровый и пояс холодных гольцов. В зоне умеренных лесов обычно выделяют монтанный, субальпийский и альпийский пояса, при этом А. Костин (Costin, 1957) нашел много аналогий в поясности европейских Альп и Снежных гор на юго-востоке Австралии, хотя для тех и других характерны совершенно разные виды флоры. Аналогичную картину поясности в Тасмании описывает Г. Вальтер (1974).

Во влажном тропическом климате Новой Зеландии, по свидетельству Г. Вальтера (1974), лесные пояса могут иметь совершенно разный облик. Например, для западной стороны Новозеландских Альп (о. Южный) характерны те же три пояса, что и для умеренной зоны: лесной пояс из вечнозеленых смешанных древесных видов, затем субальпийский пояс из кустарников и древесных видов семейства миртовых и, наконец, альпийский пояс из туссоковых злаковников, например *Chionochloa flavescens*. На восточной стороне о. Южный, закрытой от западных ветров, пояс сменяющих друг друга нескольких видов бука (род *Nothofagus*) на высоте 1200 м резко переходит в пояс альпийских злаковников.

Г. Вальтер относит влажные вечнозеленые тропические леса Новой Зеландии к областям зимних дождей, которые «...представляют собой переходные зоны от субтропических аридных районов к умеренным зонам; поэтому здесь на небольшом расстоянии экологические условия произраста-

Электронный архив УГЛТУ

ния растений изменяются достаточно резко. Соответственно одно растительное сообщество внезапно сменяется другим, и растительный покров в целом приобретает весьма пестрый облик» (с. 223–224).

3.1.3. ЭКОТОНЫ *ЛЕС–СТЕПЬ*

Наличие конкурентной борьбы между растительными формациями не только на северной и верхней, но и на южной границе лесов отмечали уже первые их исследователи. В работах С.И. Коржинского, принимая во внимание спорность некоторых его положений, необходимо подчеркнуть именно основной тезис о наличии конкурентных отношений между лесом и степью в пограничной, или переходной, области между ними: «Распространение степной растительности определяется прежде всего отсутствием лесных формаций. В районах, искони безлесных, степные растения покрывают все пространство; в местностях же лесных степные растения встречаются везде там, где лесная растительность не может развиваться... Некоторые степные растения появляются в альпийской области высоких гор или на далеком Севере, за пределом или близ предела распространения лесов, где древесная растительность уже более или менее подавлена. Характер распространения степных растений не обуславливается климатом... Основной закон, обусловливающий их распространение, есть антагонизм между степной растительностью и более мощными, более совершенными лесными формациями» (Коржинский, 1888, с. 236). И далее (Коржинский, 1891): «...В нашей полосе распределение лесных и степных формаций не зависит непосредственно ни от климата, ни от топографического характера местности, ни от природы и свойств субстрата, но только от условий и хода взаимной борьбы за существование... Исход борьбы за существование зависит всегда от двух сфер явлений: во-первых, от отношения конкурирующих форм к внешним условиям, т. е. к климату, почве и т. д., и во-вторых, от их внутренних специфических жизненных свойств, дающих те или другие шансы на борьбу» (с. 172, 173).

Е.М. Лавренко (1940) корректирует это несколько противоречивое толкование С.И. Коржинского и подразделяет абиотические факторы, определяющие взаимодействие леса и степи, на два уровня. Отметив, что очень многие исследователи (Бэр, Высоцкий, Миддендорф, Гризебах, Шимпер; цит. по: Танфильев, 1894) придерживаются климатической теории безлесия степей, Е.М. Лавренко уточняет это общее положение: «...если для так называемых «южных» степей, к югу от лесостепной полосы, климат является основной причиной их безлесия, то в пределах лесостепной полосы взаимоотношения между лесом и степью более сложны. Как это нередко указывалось в литературе, в ряде районов лесостепной полосы участки леса и степи (в настоящий момент, вернее, лесных и степных почв) сменяют друг друга вне зависимости от условий рельефа и характера подпочв, в то время как в пределах южных степей леса всегда связаны с определенными условиями рельефа (балки, долины рек) или подпочвы (более легкие или каменистые почвы). Таким образом, климатическая теория не может в полной мере аргументировать контакт леса и степи в лесостепной полосе» (с. 16).

В последние годы в биогеографии получило распространение понятие *бореальный экотон* как векторная природно-территориальная составляющая наиболее крупного, поясного ранга, простирающийся полосой от При-

Электронный архив УГЛТУ

балтики до Предбайкалья (Таргульян, 1971; Коломыц и др., 1993). Он характеризует территориальную дифференциацию растительного покрова между таежной и степной растительностью, обусловленную климатическим рубежом – переходом соотношения тепла и влаги через единицу. Этот переход от холодных гумидных областей к менее холодным и более аридным происходит достаточно постепенно и сопровождается борьбой двух противоположных процессов почвообразования: подзолистого – в таежном и дернового – в степном поясах. Проведенная ординация зональных типов растительного покрова Европейской России выявила их существенное взаимное перекрытие в полосе бореального экотона (Базилевич и др., 1986), а следовательно, и неизбежную конкуренцию между видами и сообществами растений (Сукачев, 1972), в результате чего зональный переход превращается в *триггерную полосу*, или *петлю гистерезиса* (Ведюшкин, 1989, 1992; Арманд, Кушнарева, 1989). К специфике триггерных систем мы еще вернемся в дальнейшем.

Э.Г. Коломыц с соавт. (1993) на примере юга Европейской России конкретизировали концепцию Е.М. Лавренко (1940) и показали, что действующие по профилю бореальной зоны *фоновые* лимитирующие факторы (тепло и влага) в пределах бореального экотона модифицируются системой *локальных* форм рельефа и эдафотопа, и фоновая ландшафтно-климатическая однородность зонального экотона здесь сочетается с резко выраженными локальными природно-территориальными контрастами.

Э.Г. Коломыц (1988) предложил концептуальную модель *географического экотона* (ландшафта-экотона) – переходной зоны повышенного напряжения природных взаимодействий, в которых латеральные геопотоки и соответствующие им межкомплексные связи создают пространственную упорядоченность геосистем данного иерархического уровня. Модель имеет вид блок-схемы фигур подобия (рис. 3.12), «построенной путем симметричных операций скользящего отражения и переноса (трансляции) с одновременным изменением масштаба частей системы и расстояний между ними. Выбор симметрии подобия для сравнительного показа различных иерархических уровней ландшафтов ... исходит из самих свойств подобия системной

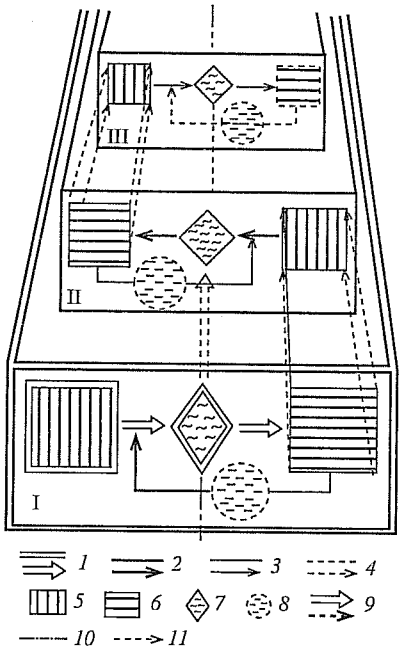


Рис. 3.12. Концептуальная модель ландшафта-экотона как иерархической системы управления (Коломыц, 1988).

I–III – таксономические ранги ландшафтов-экотонов; *1–4* – очертания блоков и направления связей в пределах структурных уровней 1 – 4-го порядков; *5–9* – блоки кибернетической модели: *5* – ландшафтный каркас, *6* – ландшафтный узор, *7* – процессор (геопотоки), *8* – регулятор обратной связи, *9* – фоновое влияние вышестоящих структурных уровней на нижестоящие; *10–11* – вспомогательные элементы модели: *10* – плоскость скользящего отражения (перпендикулярна плоскости рисунка), *11* – направление трансляции (идентичность очертаний ранга геосистемы и соответствующего ему ландшафтного каркаса с порождающими геопотоками означает, что в основе «вертикального» ранжирования природных комплексов (Арманд, 1975) должно лежать нахождение их разноуровенных структурных инвариантов)

Электронный архив УГЛТУ

организации географической оболочки и ее частей» (с. 29). Базовым является положение, согласно которому территориальная дифференциация природных комплексов подчиняется на всех структурных уровнях общим закономерностям, разница состоит лишь в масштабе и сложности рассматриваемых явлений.

На южном пределе лесной зоны в Сибири и Северной Монголии лесостепь представляет собой экотон, слагаемый разными вариантами мозаик подтайги и лесостепных комплексов среди преобладающих по площади сельскохозяйственных угодий. Каждый из этих вариантов дает пример долговечной квазиравновесной системы, функционирующей на разном ландшафтно-климатическом фоне. Их стабильность поддерживается высоким гидротермическим градиентом в почвенном покрове, особенно выраженным в горных условиях. Лиственничная лесостепь из *Larix sibirica* формируется на контакте подтайги и степи в континентальном климате (Центральный Алтай, Хакасия) и на контакте тайги и степи – в резко континентальном климате (Тува, Южное Забайкалье, Монголия): индекс континентальности по В. Конраду (Conrad, 1946) – 55–80; индекс сухости (Будыко, 1984) – 1,2–2,1; наименьшие суммы температур выше 10 °С близки к 1400–1500 °С, максимальные достигают 1800–2000 °С (Банникова и др., 1999).

Пожары, как и инвазии насекомых-вредителей, и грибные заболевания, – это важные природные механизмы, ускоряющие климатогенную сукцессию. Пожары играют двоякую роль в сохранении устойчивых позиций лиственницы: с одной стороны, обеспечивают успешное восстановление лиственницы на гарях (при наличии семян) и с другой – ускоряют ее замещение другими видами (сосной, березой, осиной), если их экониши перекрываются. Наконец, постоянно увеличивается негативное воздействие человека, сдвигая равновесие в неблагоприятную сторону для лиственницы, так как она часто уступает место после пожаров кустарникам, степным и луговым группировкам, а также сельскохозяйственным землям и пастбищам (Банникова и др., 1999).

Лесные пожары играют определяющую роль в динамике южной границы не только лиственницы, но и сосны в полосе от Поволжья до Прииртышья. Под влиянием пожаров существенно сократилась площадь сосняков в Бузулукском бору (52°40' с.ш., 52°10' в.д.), особенно в 40–60-х гг. XIX в. (Кеппен, 1885), остались мелкие клочки от бывшего Наурзум-Карагайского бора (51°30' с.ш., 64°15' в.д.), представляющего собой «совершенный оазис в пустыне» (Кеппен, 1885, с. 114). В последние годы сильно пострадала от пожаров южная часть ленточных боров Прииртышья и бор Казанбасы Тургайского прогиба в Казахстане.

Под естественными сосновыми древостоями Аман-Карагайского бора в Тургайском прогибе (51°30' с.ш., 64°15' в.д.) обычны неполнопрофильные, слаборазвитые и многоярусные дерново-боровые почвы с уровнем залегания грунтовых вод до 7–9 м, а на прилегающих остепненных пространствах распространены зональные темно-каштановые почвы с развитым гумусовым горизонтом и наличием карбонатных прослоев в подстилающих глинах и суглинках. При благоприятных погодных условиях в семенные годы происходит экспансия сосны с дерново-боровых на темно-каштановые почвы. В локальных местообитаниях с достаточно высоким уровнем грунтовых вод (2–3 м) сосна формирует древостои, более разреженные по сравнению с сосняками

Электронный архив УГЛТУ

на дерново-боровых почвах вследствие интенсивной корневой конкуренции в пределах гумусового слоя. Такие древостои с развитым напочвенным покровом, сформированным из степной растительности, доживают до возраста спелости (рис. 3.13 на вклейке). Однако полоса экотона (опушка) довольно узкая, т. е. сомкнутый древостой резко сменяется степным ландшафтом. При средних годовых осадках около 240 мм уровень грунтовых вод в сухие периоды опускается, и сосняки на зональной почве гибнут, уступая место степной растительности, а при благоприятных условиях вновь наступают на степь.

На южном пределе ареала, в частности в островных Аман-Карагайском и Бузулукском борах, сосна подвергается риску гибели не только в связи с пожарами и не только на нелесных почвах. В условиях дефицита атмосферного и грунтового увлажнения сосна как естественного, так и искусственного происхождений может погибнуть при периодически повторяющихся засухах также на песчаных почвах, особенно в молодом возрасте. Низкая густота культур (естественные сосняки обычно формируются в биогруппах, в 10–50 раз более густых) провоцирует интенсивное развитие транспирирующей массы кроны, которая при засухах не может быть обеспечена необходимым количеством влаги, в результате верхняя часть кроны отмирает (Березюк, 1959). Такие культуры в Аман-Карагайском бору часто «добиваются» подкорным клопом.

Но специфика экологии сосны в этих условиях такова, что после засухи насаждения часто «возрождаются» путем восстановления вершин деревьев из боковых ветвей (рис. 3.14). В.Г. Нестеров (1949б) пришел к выводу, что «усыхание вершин у сосен и образование новых вершин из боковых ветвей типичны для Бузулукского бора» (с. 67), при этом процессы усыхания и восстановления вершин чередуются во времени. Аналогичный феномен наблюдался нами в Аман-Карагайском бору в Тургайском прогибе, когда после засух в конце 1970-х гг., казалось бы погибшие в возрасте 10–15 лет культуры, оказались в конце 1990-х гг. в хорошем состоянии и характеризовались устойчивым ростом с вновь сформированной вершиной.

Таким образом, в бореальном экотоне (лесостепи) Северной Евразии лесная растительность имеет в основном островной характер, и участки сомкнутого леса перемежаются с участками степной растительности. В европейской части России эти участки представлены дубом, ясенем, березой (Лавренко, 1940), осиновыми «кустами» (Попов, 1916), в Западной Сибири – березово-осиновыми колками (Грибанов и др., 1970).

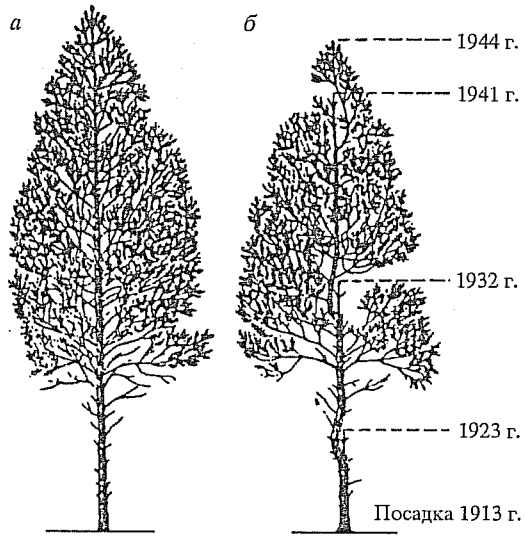


Рис. 3.14. Архитектоника сосны в нормальных условиях роста (*а*) и трижды «возродившейся» после засух в условиях дефицита увлажнения (*б*) в Бузулукском бору, квартал № 137 (Нестеров, 1949б)

Электронный архив УГЛТУ

Переходный пояс между дубовыми горными лесами и степью в Восточном Закавказье имеет иной характер. Этот пояс «аридного редколесья» представлен открытыми сообществами древесных (фисташка, инжир, можжевельник, держи-дерево и др.) и кустарниковых (крушина, кизильник, скумпия и др.) пород, которые по горизонтальной структуре сходны с саксаульниками пустынь Средней Азии (Гулисашвили, 1948). Если в бореальном экотоне лес наступает на степь опушкой, то в аридном редколесье, или поясе «светлых лесов», на степь наступают микрогруппировки отдельных кустарников или деревьев, и в результате возраст стволов такой микрогруппировки (куста) увеличивается в направлении от периферии к центру, например у держи-дерева (*Paliurus spina-christi* Mill.) с 8 до 22 лет, а у гранатника (*Punica granatum* L.) – с 2 до 26 лет.

Наличие двух типов лесостепи было установлено Г. Вальтером в 1939 г. (цит. по: Гулисашвили, 1948) как феномен, общий для обоих полушарий Земли и обусловленный спецификой почвенно-климатических условий: 1) лесостепь зоны умеренного климата северных широт, представленная участками сомкнутых лесов, перемежающимися с участками степной растительности; 2) лесостепь более южных широт с аридным климатом, представленная редкостойными деревьями и кустарниками, распределенными на фоне степной растительности.

Иной тип экотона исследован в отношении биопродуктивности лесов в подзоне хвойно-широколиственных лесов вблизи Пскова на старопахотных землях. Его возникновение обусловлено исключительно хозяйственной деятельностью человека. Освоение лесных земель под сельхозугодья, начавшееся еще в древней Руси, привело к постепенному формированию между хвойными лесами и сельхозугодьями березово-ольшаникового экотона. С разрушением крестьянского уклада жизни и ликвидацией мелких деревень в середине прошлого века тенденция наступления сельхозугодий на лес сменилась на обратную, и освоенные пастбища, сенокосы и даже пашни стали зарастать лесом (Уткин и др., 2005). Весь современный растительный покров Восточной Европы сегодня рассматривается как сукцессионная система, бóльшая часть процессов в которой инициирована хозяйственной деятельностью человека (Смирнова и др., 2004).

Экотон *лесостепь–степь* как часть экотона *лес–степь* в Заволжье и Приуралье (западная часть Оренбургской области) исследован в отношении видового состава и структуры сообществ разных групп живых организмов и выявлены их тренды по широтному градиенту. Однако выраженной границы между двумя подзонами не установлено. Многие лесостепные виды проникают далеко на юг, в степную зону по интразональным биотопам, существенно нарушая картину природно-климатической зональности (Рябинина и др., 2002).

3.1.4. ЭКОТОН КАК ТРИГГЕРНАЯ СИСТЕМА

В координатах климатических факторов разработано множество схем распределения основных типов растительности (Волобуев, 1945; Holdridge, 1947; Рябчиков, 1968; Черепнин, 1968; Садовничая, Чебакова, 1978; Пузаченко, Скулкин, 1981; Назимова, 1995; и др.). Ю. М. Свирежев (1987) характеризует их, скорее как «описательные и представительные», чем «объяснительные», поскольку полученная эмпирическая информация приводится

Электронный архив УГЛТУ

здесь в различных формах, но не объясняются механизмы возникновения этих структур. Он пишет: «Есть много работ, в которых из климатических параметров конструируются пары различных индексов и затем на соответствующих плоскостях строятся области, отвечающие тем или иным биомам... Конструкторы стремятся построить индексы так, чтобы на плоскости «растащить» эти множества, сделать их непересекающимися... Ответа же на вопрос, почему при непрерывном изменении индексов возникают границы между биомами (точнее, между соответствующими им множествами индексов), мы не получаем» (с. 361).

В этой же работе Ю.М. Свирежев задает вопрос, почему при непрерывном изменении абиотических факторов при переходе от одного сообщества к другому биологические характеристики последних (например, соотношение надземной и подземной фитомасс на лесной опушке) меняются скачкообразно. Поясним заданный вопрос, сопоставив две зональные закономерности, представленные на рис. 3.15 и 3.16. Первый из них иллюстрирует непрерывность изменения основных климатических характеристик – осадков, эвапотранспирации, солнечной радиации, среднегодовой температуры и т. д. – по зональному профилю от тундр Европейской России на юго-восток до степей и пустынь. На втором (см. рис. 3.16) по тому же профилю показано изменение продуктивности растительных сообществ: если в пределах той или иной зоны (тундр, лесной зоны или степей) фитомасса растительного покрова изменяется плавно, то в экотонах *тундра – лесная зона* и *лесная зона – степь* имеются характерные скачки: перепад фитомассы в первом из экотонов – 12-кратный, во втором – 170-кратный.

Ю.М. Свирежев (1987) ответ на этот вопрос предполагает искать «в свойствах и особенностях принципиально нелинейных зависимостей биологических процессов от абиотических параметров среды» и формулирует следующий вопрос: существуют ли математические модели, «которые описывали бы скачки одних параметров при непрерывном гладком изменении других»? (Там же, с. 361). Оказывается, такому условию отвечают модели теории катастроф Р. Тома (Thom, 1972; Thom, Zeeman, 1975), описывающие «ситуации, когда система с непрерывными входными данными обнаруживает внезапные скачкообразные изменения на выходе» (Чиллингуорт, 1979, с. 251). Ю.М. Свирежев полагает, что из конкретных типов нелинейности в биологических процессах наиболее приемлемо представление кубической нелинейности, отвечающее модели теории катастроф типа сборки (рис. 3.17).

Г. Люндегорд (1937) объясняет дискретность свойств растительных сообществ в экотоне достижением последними некоторого порогового уровня непрерывно изменяющихся действующих факторов: «Если какой-либо вид выходит за пределы области своего оптимума, он, по-видимому, довольно неожиданно спускается в гораздо более низкую степень встречаемости. Отсюда происходит более или менее резкий переход ассоциаций друг в друга, если судить о них по доминирующим видам... В области минимума и торможения действия факторов убыль видов очень значительна, в результате у границ соответствующей области приспособления происходит крутое падение встречаемости, чем вызывается явление образования зон. Поэтому... растительность образует волнистую линию, хотя экологический комплекс факторов непрерывно падает или повышается...» (с. 330).

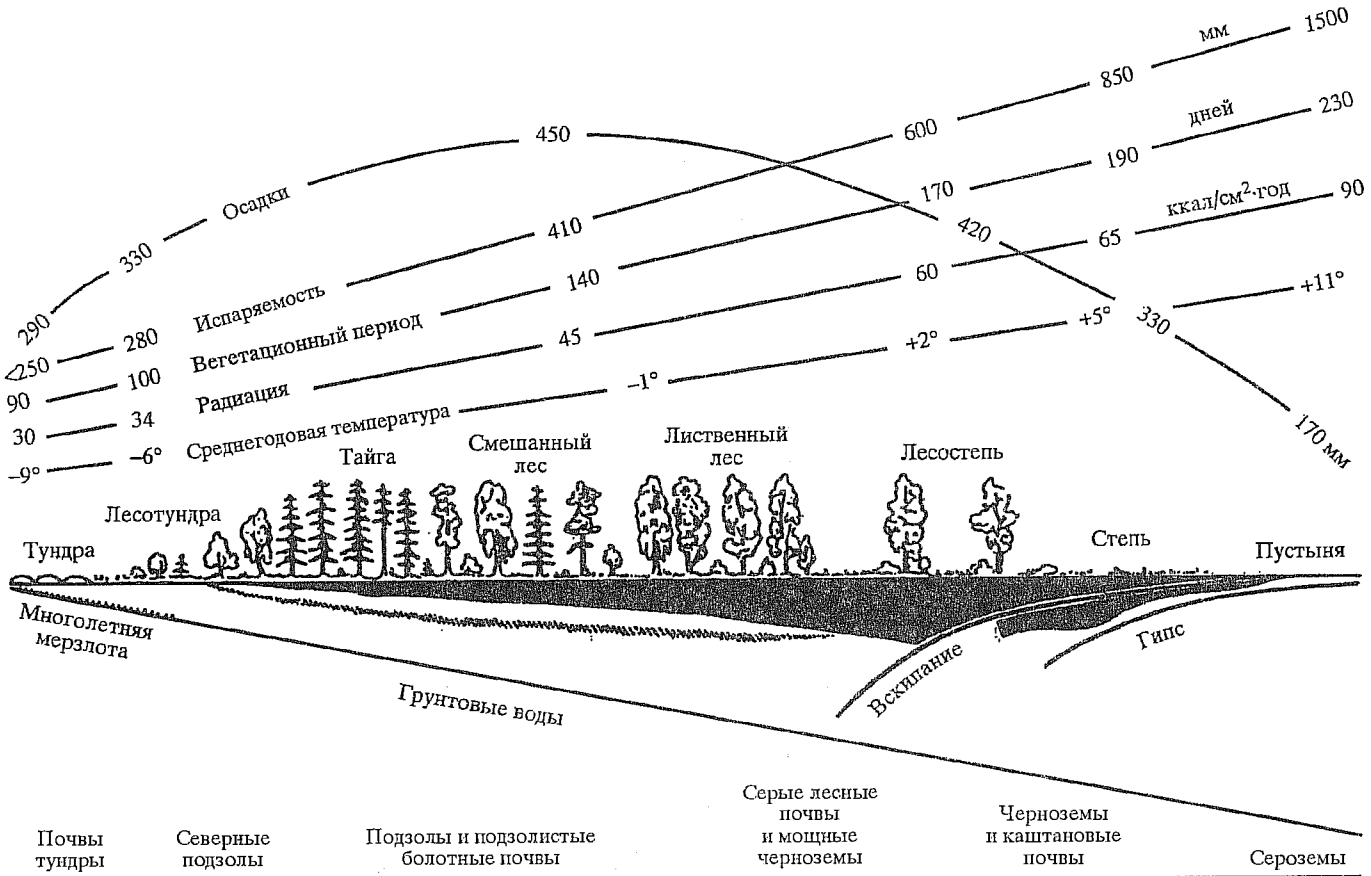


Рис. 3.15. Схема изменения климата, растительности и почв на профиле Восточной Европы в направлении с северо-запада на юго-восток до Прикаспийской низменности (Вальтер, 1975)

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

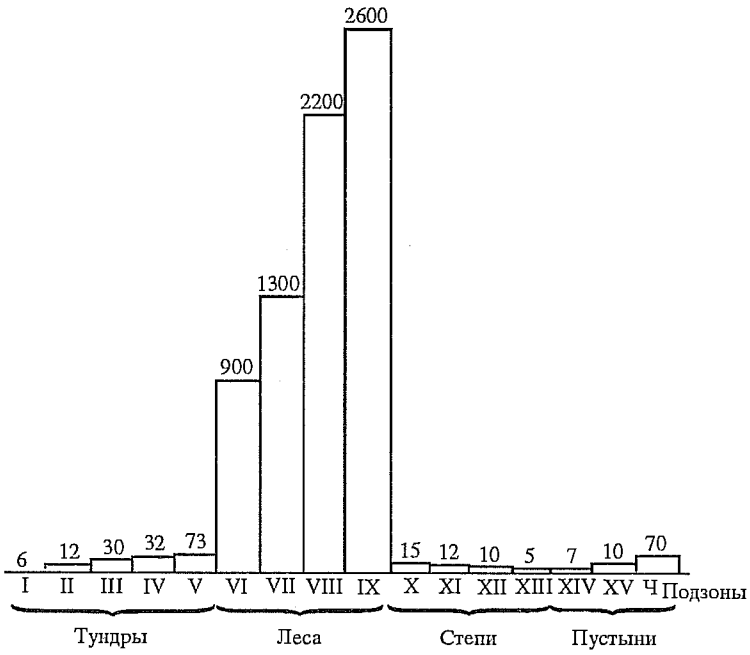


Рис. 3.16. Фитомасса (ц/га в воздушно-сухом состоянии) плакорных зональных растительных сообществ Европейской России и Средней Азии (Лавренко и др., 1955).

Подзоны: I – арктическая пустыня, II – арктическая тундра, III – северная тундра, IV – южная тундра, V – редколесная тундра, VI – северная тайга, VII – средняя тайга, VIII – южная тайга, IX – широколиственные леса, X – луговая степь, XI – разнотравно-типчаково-ковыльная степь, XII – типчаково-ковыльная степь, XIII – полынно-типчаково-ковыльная степь, XIV – северная пустыня, XV – южная пустыня, Ч – черносаксаульники подзоны южных пустынь

Рис. 3.17. Графическая иллюстрация сборки – одной из семи моделей катастроф Р. Тома (Чиллингуорт, 1979).

Сплошная извилистая линия, описываемая многочленом, характеризует непрерывность изменения абиотических факторов, *штриховая* – скачок в свойствах растительных сообществ; *C* – точка бифуркации

Электронный архив УГЛТУ

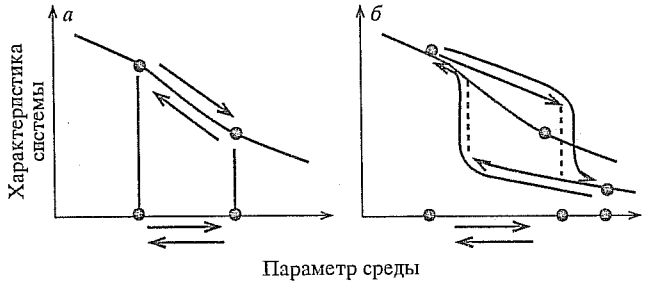


Рис. 3.18. Реакции растительных сообществ на изменение условий внешней среды:
а – плавная обратимая зависимость состояния системы от параметра среды (отсутствие гистерезиса); *б* – скачкообразный переход системы из одного устойчивого состояния в другое и возврат ее в исходное состояние при прекращении внешнего воздействия, но по иной траектории (гистерезис) (Ведюшкин, 1989)

Важность этого замечания становится очевидной при рассмотрении концепции М.А. Ведюшкина (1989, 1992), который попытался объяснить дискретность двух соседних биомов наличием конкуренции соответственно двух доминирующих в них видов и описать их взаимоотношения с точки зрения явления гистерезиса (нелинейности в среде с памятью). На рис. 3.18 показаны два типа реакций экосистем на изменение условий внешней среды: плавный характер изменения состояния среды от ее параметров (*а*) в случае отсутствия явления гистерезиса, скачкообразный переход системы из одного устойчивого состояния в другое (*б*). В последнем случае при возврате параметров на начальный уровень изменение характеристик системы идет по иной траектории, отличной от первой, что свидетельствует о проявлении феномена гистерезиса.

М.А. Ведюшкин характер взаимодействия двух соседних экосистем ставит в зависимость от того, какая конкуренция преобладает в зоне их соприкосновения – внутри- или межвидовая. На рис. 3.19 условно представлены виды А и Б двух соседних экосистем. Ось абсцисс соответствует изменению пространственной координаты нахождения видов и соответственно – каких-то градиентов среды (влажности, температуры и др.). Ход кривых соответствует ситуации, когда межвидовая конкуренция слабее внутривидовой и имеется только одно устойчивое равновесие. Смена доминирующих видов в пространстве происходит плавно в переходной полосе r_1–r_2, представляющей собой область сосуществования обоих видов.

Если же межвидовая конкуренция сильнее внутривидовой, то существует переходная полоса на участке r_1–r_2 (рис. 3.20), где один вид вытесняется другим, сосуществование которых при этом всегда неустойчивое. Реальная граница в этом случае не постепенная, как на рис. 3.19, а либо резкая (см. рис. 3.20), либо несколько «размытая» (диффузная) (рис. 3.21), но всегда скачкообразная.

Резкая граница значений $\check{r}$, в каждой точке которой имеется или вид А, или вид Б, может проходить в любом месте полосы r_1–r_2 (см. рис. 3.20) в зависимости от локальных условий. Диффузная полоса, т. е. интервал $\acute{r}_1$–$\acute{r}_2$ (см. рис. 3.21), также может проходить в любом месте полосы r_1–r_2, и точное местоположение $\acute{r}_1$–$\acute{r}_2$ трудно определимо в конкретных случаях. Это неустойчивая, или бифуркационная, ситуация.

Таким образом, если реальная граница между сообществами постепенная, что имеет место в пределах одной из зон (тундра, лес или степь) по широтному либо долготному градиентам (см. рис. 3.16), то она должна восстанавливаться в первоначальном виде после прекращения внешних воздействий, вызвавших ее изменение, что означает отсутствие гистере-

Электронный архив УГЛТУ

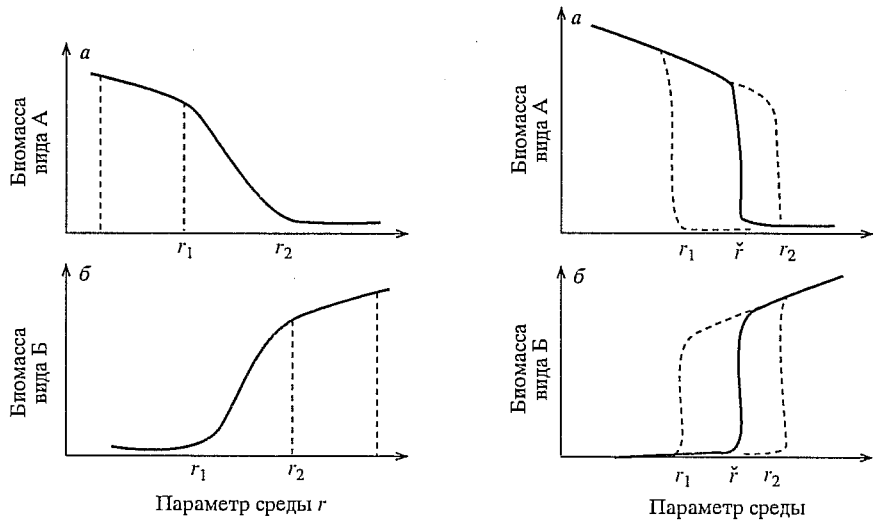


Рис. 3.19. Постепенное замещение вида А (*а*) видом Б (*б*) в полосе их сопряжения r_1–r_2 (отсутствие гистерезиса) (Ведюшкин, 1989)

Рис. 3.20. Скачкообразное замещение вида А (*а*) видом Б (*б*) в полосе их сопряжения r_1–r_2, характеризуемое резкой границей $\check{r}$ (наличие гистерезиса) (Ведюшкин, 1989)

зиса (ситуации на рис. 3.18,*а* и 3.19). Если же граница скачкообразная (резкая либо диффузная), как в экотонах *тундра–лес* или *лес–степь*, то это свидетельствует о существовании переходной полосы r_1–r_2, где каждый из видов может вытеснить конкурента (см. рис. 3.18,*б*, 3.20 и 3.21). Такие границы по условию пространственного гистерезиса не должны восстанавливаться по прежней траектории после окончания внешнего воздействия, если оно превышает некоторую критическую величину (Ведюшкин, 1989, 1992).

Сказанное можно отнести не только к конкурирующим растительным сообществам, но и к соответствующим эдафическим фонам. Суть процесса на сопряженных категориях почв, объясняемого явлением гистерезиса в «среде с памятью», была изложена А.А. Завалишиным (1936). Критикуя «циклическую» гипотезу о взаимоотношении леса и степи, он пишет,

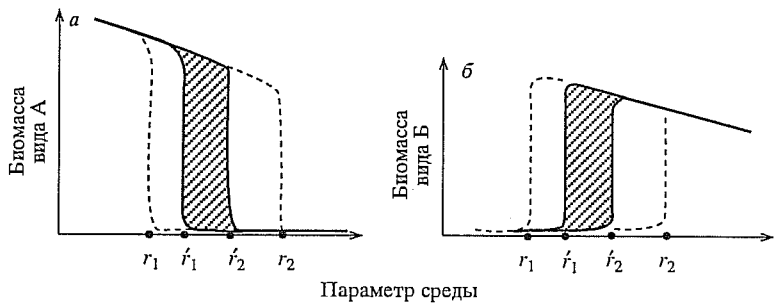


Рис. 3.21. Скачкообразное замещение вида А (*а*) видом Б (*б*) в полосе их сопряжения r_1–r_2, характеризуемое диффузной полосой $\acute{r}_1$–$\acute{r}_2$ (наличие гистерезиса) (Ведюшкин, 1989)

Электронный архив УГЛТУ

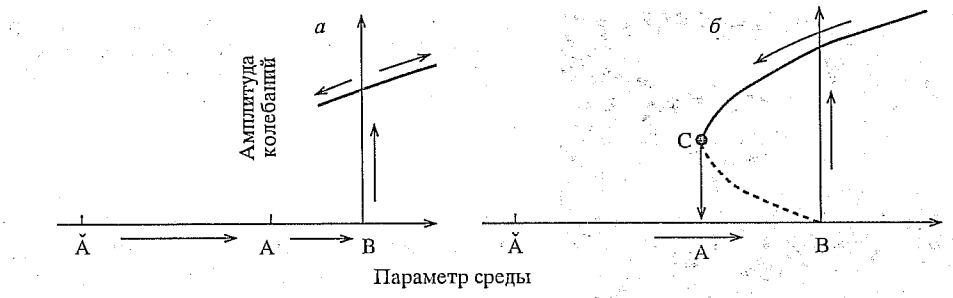


Рис. 3.22. Представление жесткого режима возбуждения колебаний в биологических системах при их необратимом характере (*а*) и срыве колебаний в точке бифуркации С с восстановлением равновесия – полная петля гистерезиса (*б*) (Молчанов, 1975)

что при наступании леса на степь идет процесс деградации (оподзоливания) черноземов, но при обратном переходе – наступании степи на лес – процесс реградации почв идет по иной траектории, и чем сильнее оподзолена почва, тем меньше шансов на ее полное восстановление, т. е., иными словами, процесс реградации не может полностью стереть следы деградации.

По-видимому, проявление гистерезиса в экотонах, по М.А. Ведюшкину (1989), и поведение биологических систем в жестком режиме возбуждения колебаний (Молчанов, 1975) лежат в одной области явлений: на рис. 3.22,*б* изображена одновременно и типичная сборка, и петля гистерезиса с точкой бифуркации *С*. Возбуждение колебаний в точке *В* при плавном изменении параметра (см. рис. 3.22, *а*) представляется необратимым, но «зашкаливание» его назад, за точку *А* (см. рис. 3.22, *б*), ведет к срыву колебаний, т. е. к скачкообразному восстановлению равновесия. Таким образом, при движении от *Ă* к *В* переход через точку *А* был незаметен, а при обратном движении точка *В* ничем не выделяется, зато происходит срыв колебаний в точке *А*.

Колебательный (волнообразный) характер динамики экосистем в экотонах является их неотъемлемым свойством, поскольку «атмосфера Земли представляет собой глобальную автоколебательную систему, непрерывно подпитываемую энергией Солнца» (Голованов, 1986. С. 57).

А.Д. Арманд (1989) предложил концепцию *критического состояния* экосистемы в результате потери устойчивости. Это означает, что некоторый механизм, поддерживавший экосистему в стабильном состоянии, перестает функционировать и заменяется другим, ответственным за качественно новые процессы. Иными словами, критическим является такое состояние экосистемы, в котором происходит ее качественная перестройка. Пока в экосистеме действует механизм обратной связи, она сохраняет способность к восстановлению и остается в некоторой области устойчивости. В случае разрушения экосистемы и формирования новой структуры осуществляется переход в новую область устойчивости. Момент перехода означает критическое состояние, или критическую точку. Такую пару устойчивых экосистем, разделенных критической точкой, называют *триггером*, или переключателем, что является по существу синонимом петли гистерезиса, или «складки» в терминах теории катастроф.

Электронный архив УГЛТУ

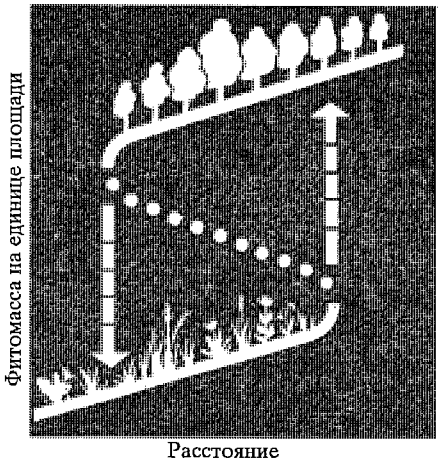


Рис. 3.23. Схематическое изображение триггерной системы *лес–степь* в координатах *фитомасса на единице площади – расстояние* (Арманд, Кушнарева, 1989). Пояснения см. в тексте

Верхнее и нижнее крылья складки могут соответствовать, например, системам *лесной фитоценоз* и *травяной фитоценоз* (рис. 3.23). Участок оси абсцисс, на котором оба крыла имеют одинаковые координаты, соответствует триггерной полосе. Реальная климатическая граница природных зон располагается внутри складки. Для определения ширины триггерной полосы на местности необходимо располагать сведениями о возможности восстановления нарушенных ландшафтов в обе стороны от действительной границы леса. При наступании лесной зоны на степь под влиянием изменения климата складка движется вместе с границей и находится в пределах травяных ландшафтов перед фронтом леса, а при наступании степной зоны вся складка находится в пределах леса (Арманд, Кушнарева, 1989).

В бореальном экотоне смена ролей тепла и влаги как фоновых лимитирующих факторов биологической продуктивности способствует взаимному проникновению биотических элементов из двух соседних природных зон, что усиливает мозаичность ландшафтной структуры экотона. Происходит расширение петли гистерезиса (складки) с появлением ландшафтно-экологического эффекта, описываемого В.В. Алехиным (1935) как *правило предварения*: плакорный фитоценоз предваряется на юге или на севере в соответствующих условиях местообитания. Размах локальных контрастов биологической продуктивности экосистем на бореальном экотоне соизмерим с интервалом продукционного фона от лесотундры до степей. В полосе подобных контрастов (триггерной области) происходит смена (переключение) одного ведущего экологического фактора (трофность почвы) другим (эдафическое увлажнение). Степень устойчивости бореального экотона тем выше, чем сильнее выражена пространственная поляризация (контрастность) его структурных элементов. При этом биологическая продуктивность фитоценоза бореального экотона, как и высотного в Центральном Кавказе, может быть выше, чем в прилегающих к нему сообществах (Коломыц, 1984; Коломыц и др., 1993).

Смена ролей тепла и влаги в формировании прироста древесного яруса прослежена также в нижних частях подгольцового пояса семи горных хребтов вокруг оз. Байкал: в зоне влияния озера продуктивность в основном определяют осадки, а по мере удаления от него главную роль начинает играть температурный фактор (Глызин, 1994). Переключатель срабатывает на расстоянии около 30 км от оз. Байкал, и хотя эту переходную зону трудно отнести к одной из рассмотренных выше, наличие переключателя позволяет характеризовать ее в качестве своеобразного экотона.

Электронный архив УГЛТУ

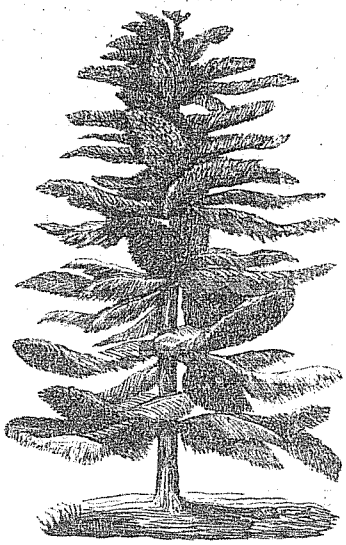
3.1.5. О ДИНАМИКЕ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЭКОТОНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В ПРОШЛОМ И БУДУЩЕМ

В историческое время лесами из сосны обыкновенной была покрыта бóльшая часть Шотландии и обширные площади Северной Англии, от которых сегодня остались лишь незначительные островки за пределами ее основного ареала (Еник, 1989). Из глубины веков всплывают следы произрастания здесь «предков» сосны обыкновенной, так называемых «норфолькских» сосен (рис. 3.24). В «Лесном журнале» за 1847 г. (№ 23) неизвестным автором описывается находка на острове Портланд вблизи берегов Англии окаменелого леса высотой до 30 футов, который вместе с корнями хорошо сохранился на «первобытной» почве, подстилаемой известняками. Древесина его стала совершенно прозрачной, и «может служить предметом ботанических исследований» (Окаменелый лес в Портланде, 1847. С. 183). В результате тектонических сдвигов лес когда-то опустился под воду на глубину нескольких сот футов, но спустя тысячелетия в результате обратного процесса вновь оказался на суше.

В течение последних 10 тыс. лет на севере Европы вследствие изменений климата происходили сдвиги верхней границы леса. В частности, 8,5 тыс. л. н. верхняя граница леса проходила на 200 м выше вследствие более высокой (на 2 °С) температуры. Это было установлено по данным радиоуглеродного анализа найденных в болотах ископаемых пней деревьев (Pears, 1968; Kullman, 1988).

Некоторые закономерности динамики лесной растительности в экотонах Северной Евразии в прошлом можно проследить на примере лиственницы. Например, И.М. Крашенинников (1937) полагает, что южноуральские лиственнично-сосново-березовые леса в экотоне *лес–степь* представляют собой хорошо сохранившуюся «плейстоценовую лесостепь», аналогичную лиственнично-сосново-березовой лесостепи холодных и сухих эпох плейстоцена горной Сибири и Северной Монголии. Д.А. Герасимов (1926) относит максимум распространения лиственницы в этом регионе к континентальному и теплому бореальному периоду и первой половине более влажного атлантического периода, а Ч. Дугаржав (1996) – к рубежу атлантического и суббореального времени голоцена (3–5 тыс. л. н.).

В последовавший затем суббореальный, или, по В.Н. Сукачеву (1926), ксеротермический, период (соответствующий послеледниковому максимуму тепла, имевшему место 2–3 тыс. л. н.) и вплоть до середины более влажного и прохладного субатлантического периода (около 700-го г. н. э.) леса были вытеснены степями. В то время как на Хангае, начиная с субатлантического периода, вплоть до настоящего времени ареал лиственницы непрерывно



Окаменелая Норфолькская сосна

Рис. 3.24. Зарисовка неизвестным автором окаменелого леса на о. Портланд у берегов Англии (Окаменелый лес..., 1847)

Электронный архив УГЛТУ

сокращается (Дугаржав, 1996), на Южном Урале с середины субатлантического периода в условиях более влажного климата степи интенсивно покрывались лиственничными лесами. Остатки этих лесов в виде «живых великанов лет 400» с диаметром на высоте груди 1,5 м Л.Н. Тюлина (1929) повсеместно встречала на опушках степных полян и юго-восточных склонах Ильменского хребта преимущественно на карбонатных породах. Они имели корявый ствол с отмершей вершиной и чрезвычайно мелкослойную древесину, т. е. несли на себе «следы более чем 300-летней жестокой борьбы леса с последними остатками степи» (с. 10). В настоящее время вырабатываются новые взаимоотношения леса и степи, в которых в качестве активных облесителей выступают береза и сосна (Тюлина, 1929).

В Общем Сырте (53° с.ш., 57° в.д.), примыкающем к Южному Уралу с запада, еще в конце XIX в. встречались совершенно здоровые лиственницы возрастом более 400 лет с корой толщиной 27 см. У основания кроны, поднятой на высоту 32 м, деревья имели диаметр 18 см. Древесина такой лиственницы – чрезвычайно твердая, «у комлевой части не берется ни пилой, ни топором; для срезки ее устраивают особые подмости, чтобы срезать ее выше человеческого роста» (Симон, 1910, с. 1137). Здесь, на девонских песчаниках, «посреди насаждений имеются громаднейшие пни лиственниц и остатки от сосновых пней. При Петре эта часть леса была записана в корабельную. При Екатерине здесь проезжал академик Лепехин; он писал, что всюду видел лиственничный лес, который преобладал. Теперь лиственничных лесов незаметно» (Там же, с. 1134). Отдельные реликты лиственницы и сегодня можно встретить в степях Оренбургской области (рис. 3.25 на вклейке).

В последнее 100-летие в связи с потеплением климата происходят существенные сдвиги как высотных, так и зональных границ леса. Эти процессы идут и в Средиземноморье (рис. 3.26 на вклейке), и в Арктике (рис. 3.27 на вклейке), и на Полярном Урале (рис. 3.28).

Наиболее чувствительна древесная растительность к изменениям климата в высоких широтах в связи с термическим пределом ее произрастания. О смещении на север под влиянием потепления климата некоторых физико-географических и биологических явлений, свойственных более южным широтам, свидетельствует ряд исследований (Журавский, 1915; Сумгин, 1932; Griggs, 1934; Тюлина, 1936, 1937; Тихомиров, 1941, 1962; Андреев, 1954, 1956; Сдобников, 1956; Regel, 1957; Скробов, 1958; Крючков, 1963а, б; Пядышев, 1964).

Известно, что в переходной зоне «лес–тундра» температура определяет до 70 % величины прироста (Харук и др., 1998). Изменения растительности урочища Ары-Мас на Таймыре с 1965 по 1991 г. проанализированы по материалам кос-

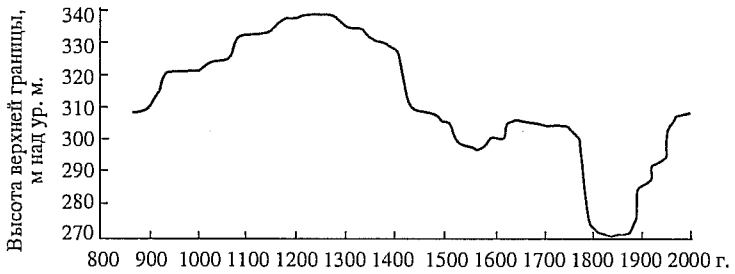


Рис. 3.28. Изменение высотного положения верхней границы лиственничных редколесий на Полярном Урале за последние 1350 лет (Шиятов, Мазепа, 2002)

Электронный архив УГЛТУ

мических съемок с использованием изображений NOAA/AVHRR. Этот самый северный в мире лесной массив (72°28' с. ш.) имеет протяженность около 25 км при ширине 1–4 км. Редины и редколесья сформированы лиственницей (*Larix gmelinii*), занимают пойменную и надпойменные террасы и защищены с севера от арктических ветров горной системой Быранга, сомкнутость полога – до 0,5; класс бонитета Va–Vб. Существованию лиственницы в данных условиях способствуют низкий коэффициент испарения (50–100 мм), а также ее высокая видовая эффективность в использовании влаги. Уровень осадков здесь менее 300 мм, что соответствует зоне степей (Абаимов и др., 1997; Харук и др., 1998).

За указанный выше период в урочище установлена экспансия древесной растительности в зону тундры со скоростью около 2 м в год, а общая продуктивность лиственничников возросла на 12 %. За это же время среднегодовая температура повысилась на 0,2°, причем наибольшее потепление наблюдалось в зимний период (Харук и др., 1998, 2002).

Сдвиг верхней границы леса в сторону горной тундры в последние 15 лет отмечен и в Саянах (53° с.ш., 93° в.д.) – в среднем на 1,5 м в год. Сомкнутость полога увеличивалась на 0,8 % в год с продвижением в сторону горной тундры в основном кедра сибирского и в меньшей степени – ели сибирской (Kharuk et al., 2006).

Острова Лисьи (около 50°45' с.ш., 166° з.д.) в средней части Алеутской гряды были абсолютно безлесны в течение всего голоцена, «...в противном случае ни крайности температуры, всегда умеренной, ни продолжительность зимы, довольно теплой, ни малое число солнечных дней, ни свойство почвы, ни сила бурь не могли бы препятствовать произрастанию здесь лесов» (Фишер, 1841, с. 151). В период колонизации Аляски русскими первопроходцами «преосвященный Иннокентий (Вениаминов), известный многочисленными трудами своими для пользы жителей северо-западной Америки и Алеутских островов, в особенности острова Уналашки, изъявил члену Общества для поощрения лесного хозяйства Ф.Б. Фишеру желание заняться разведением на сем острове леса для снабжения оным тамошних обитателей... По крайней мере несколько деревьев, пересаженных (хотя конечно не без больших трудов) преосвященным Иннокентием из Ново-Архангельска на остров Уналашку принялись столь хорошо, что очевидно доказывают возможность разведения оных там» (Фишер, 1841, с. 149, 151). Ф.Б. Фишер (1841) пишет наставление по облесению островов Лисьих, в частности, о. Уналашка, путем посадки черенков тополя, а также посева ольхи, березы, ели, пихты, кедра, караганы и туи семенами из Ново-Архангельска, Иркутска, Охотска и Камчатки.

Таким образом, в 1840-е гг. на безлесных островах Лисьих (годовые осадки 1470 мм, средняя годовая температура 4,7 °С, 120–190 дней с температурой выше 0 °С) на удалении 800–900 км от границы естественных лесов были заложены первые лесные культуры. Позднее, в 1940-е гг. они были дополнены американцами посадкой ели ситхинской, взятой из подпологового подроста на островах Кадьяк и Афогнак (южная оконечность полуострова Аляска). К концу XX в. эти посадки имели высоту до 17 м и диаметр деревьев до 55 см, фактически натурализовались и их площади существенно увеличились путем естественного возобновления на прилегающих безлесных пространствах (Alden, Bruce, 1989).

Электронный архив УГЛТУ

Последствия глобального потепления на территории Субарктики и таежных (бореальных) лесов прогнозируются преимущественно с позиций углеродного цикла, трансформаций в криолитозоне и других аспектов атмосферно-геосферных связей. В частности, предполагается, что глобальное потепление сдвинет зональную границу леса на мерзлоте к северу и повысит нетто-продуктивность экосистем лесотундры, но деградация мерзлоты не повлияет на эмиссию углерода, поскольку толщина активного слоя почвогрунта, т. е. глубина его сезонного оттаивания, превышает мощность гумусового слоя (Kolchugina, Vinson, 1993б).

Все лесообразователи Северной Евразии имеют температурный оптимум фотосинтеза в пределах 16–19 °С. Сейчас период с такими температурами в полосе экотонов либо очень непродолжительный, либо отсутствует. Повышение летних температур при глобальном потеплении будет, несомненно, благоприятствовать росту первичной биологической продуктивности и лесовозобновительным процессам. Однако для продолжительных прогнозов, по мнению А.И. Уткина (2001), необходимо выяснить, в какой мере дополнительная за счет потепления первичная продукция экосистем будет компенсировать потери углерода в детритно-почвенном пуле.

В самой сжатой форме общую динамику лесной растительности А.И. Уткин (2001) прогнозирует следующим образом. Потепление вызовет увеличение глубины сезонного протаивая мерзлых почвогрунтов; в европейской части России вообще возможна деградация вечной мерзлоты в экотоне *лес–тундра*. Лесная и кустарниковая растительность долин получит в тундрах возможность выхода на водоразделы. Освоение породами-лесообразователями открытых пространств экотонов, скорее всего, сначала будет иметь островной характер и исключительно за счет аборигенных пород. Их экспансия на север вряд ли сможет выйти за пределы подзоны южных тундр. Более масштабной может оказаться трансформация полосы северных редколесий (формирование сомкнутых и среднесомкнутых древостоев) и подзоны северной тайги (повышение густоты и продуктивности). Расселение деревьев семенным путем будет замедленным по ряду причин: низкий выход полноценных семян, почвенный (Al + Fe)-токсикоз, в ряде случаев вторичное заболачивание. Предшественниками древесных пород в освоении тундр могут стать кустарники: можжевельник, ивы, кустарниковые березки (ерники) – в европейской части России и в Западной Сибири, душекия (ольховник), ерники – в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Протаивание на равнинах ископаемых льдов на севере Западной Сибири, на северо-востоке Якутии и Чукотке повлечет за собой интенсивный термокарст с перераспределением площади наземных и водных экосистем в пользу последних. В горных районах расселение деревьев может ограничить отсутствие пригодных для поселения субстратов вследствие сильной каменистости на склонах. Процесс надвигания леса на открытые участки в полосе экотонов на первых этапах не может быть быстрым из-за очень слабой и низкокачественной семенной репродукции почти всех хвойных пород. Исключение составляют лучше адаптированные к жестким условиям Севера-Востока лиственица Каяндера и кедровый стланик, хотя последний и относится к зоохорам с небольшим радиусом разноса семян кедровкой от мест семеношения. Семенная репродукция всех видов лиственницы улучшится.

Электронный архив УГЛТУ

Наиболее возможные направления динамики на Кольском полуострове – экспансия лесной растительности в северо-восточную часть полуострова: заселение преимущественно елью и ослабление позиций березы извилистой, хотя есть и противоположные прогнозы (Kullman, 1990). В других районах Европейского Севера еще больше, чем сейчас, усилятся позиции ели, а в приуральской полосе – кедра сибирского.

В экотоне *лес–тундра* Западной Сибири следует ожидать поглощения современной полосы лиственничных редколесий елью, но только в том случае, если термокарстовые процессы не будут здесь крупномасштабными. В правобережной части низовьев Енисея ель сибирская и лиственница, скорее всего, могут иметь равные шансы, хотя в случае усиления роли ольховника лиственница получит преимущество. Здесь возможно формирование островных массивов сосняков. Территория Оленекско-Ленского междуречья станет ареной борьбы лиственницы и ели: их шансы будут либо одинаковыми, если не будет лесных пожаров, либо, напротив, преимущество получит лиственница.

В горных районах Крайнего Северо-Востока возможно смещение вверх всех поясов растительности с поглощением части подгольцового (кедровостланикового) пояса лиственницей Каяндера, а южнее 59° с.ш. – усиление позиций всех лесообразователей (лиственницы Гмелина, сосны, ели аянской, березы каменной). Но большей агрессивности от ели можно ждать при «влажном потеплении», от лиственницы и сосны – при «сухом потеплении». На Камчатке неизбежно сохранится состояние повышенной влажности воздуха и почв, а следовательно, и нынешнее противостояние пород. Если площади ели и лиственницы расширятся, то незначительно из-за мощного противодействия не столько березы каменной, сколько свойственного ее фитоценозам крупнотравья. Сообщества же душекии станут здесь ареной расселения всех древесных пород, включая кедровый стланик. Пояс последнего в свою очередь будет тесниться в зоне контакта с елью, лиственницей и каменной березой.

Экотон *лес–степь* в европейский части России почти повсеместно контролируется человеком, в Сибири при «сухом потеплении» лес будет тесниться к северу, сменяясь степями и луговыми степями. «Сухое потепление» должно усиливать деструктивную роль пожаров в лесообразовательном процессе в этом экотоне от Урала до Забайкалья, а также на равнинах Центральной и Северо-Восточной Якутии. В низовьях Вилюя и на левобережье Лены против Верхоянского хребта возможно расширение площади подвижных песков, представленных сейчас в зачаточной форме; основная их часть захвачена лесной растительностью (Уткин, 2001).

Локальные экотоны лесной зоны, например экотон *лес–болото* (рис. 3.29 на вклейке), по мнению А.И. Уткина, вряд ли будут характеризоваться большим разнообразием динамики растительности. При «влажном потеплении» болота будут надвигаться на лес, при «сухом» сукцессии, наоборот, пойдут в направлении болото – болотный лес – заболоченный лес (с частичной деструкцией части слоя торфа). На луга, пастбища и залежи лес (береза, ольха серая, ива козья, реже осина) наступает с первых лет после прекращения эксплуатации угодий.

К.И. Кобак и Н.Ю. Кондрашева (1992), отметив, что в верхнемеловом и третичном периодах леса умеренной зоны занимали территорию от совре-

Электронный архив УГЛТУ

менной пустыни до Арктики, зона тайги выделилась лишь в конце третичного, а тундра – в четвертичном периоде, составили современную и прогнозную карты растительного покрова бывшего СССР (рис. 3.30 и 3.31) в предположении повышения глобальной температуры на 2° на основе двух параметров – испаряемости и индекса сухости (Зубенок, 1976; Будыко, 1984). В соответствии с их прогнозом площади лесотундры и тундры сократятся в 6 раз, хвойных лесов – в 3 раза, а смешанных и широколиственных лесов возрастут в 4 раза. Лесостепь несколько сдвинется к северу в Европейской России и займет обширные территории нынешних хвойных лесов Восточной Сибири на полюсе континентальности. Наибольшие изменения растительности произойдут в экотоне циркумполярных областей.

Своеобразные закономерности прогнозируются с использованием имитационного моделирования (gap model) для экотона бореальных и хвойно-широколиственных лесов Северо-Востока Китая в предположении удвоенного содержания CO_2 в атмосфере через 50 лет (Chen, 2002). Древесная растительность в экотоне представлена в настоящее время лиственницей Гмелина, елью аянской, пихтой белокорой, кедром корейским, березой, липой, дубом монгольским, кленом, ясенем, ильмом и др. Исследовались две категории растительности: вторичные насаждения, возникшие после сплошных рубок, и спелые естественные насаждения. Расчеты показали, что через 50 лет полнота и индекс листовой поверхности (LAI) растений первой категории не будут существенно отличаться от нынешнего состояния. Продуктивность древостоев повысится на 7 %, а их надземная фитомасса – на 15 %. Во второй категории насаждений существенно изменится породный состав, продуктивность снизится примерно на 20 %, доля дуба монгольского в составе достигнет 50 %. Фитомасса насаждений снизится более чем на 90 %, доля дуба монгольского в общей фитомассе составит около 57 %. Резко снизится LAI, и около половины LAI будет приходиться на дуб монгольский.

Несмотря на то, что в горах экотон *лес–луг* сконцентрирован на более узкой полосе, чем в равнинных экотонах, и его динамика под влиянием температурных сдвигов должна отслеживаться много проще, при анализе зависимости положения верхней границы леса от среднего абсолютного минимума температуры в умеренной и тропической зонах не установлено определенной закономерности, по-видимому, вследствие того, что в этих условиях период низких температур не опасен для лесного покрова (Brockmann-Jerosch, 1919; Däniker, 1923; Körner, 1998). Однако зависимость этого же показателя от среднегодовой температуры на уровне моря (рис. 3.32), построенная по материалам мировой литературы (Jobbágy, Jackson, 2000), объясняла 50 % общего варьирования, а при введении в уравнение второго фактора – температурной амплитуды – коэффициент детерминации повысился до 79 %, причем между северным и южным полушариями различие недостоверно. Подобная зависимость дает возможность прогнозировать в первом приближении сдвиг верхней границы при изменении глобальной температуры.

Одним из горных районов, наиболее благоприятных для изучения реакции биоты на изменения климата, является Полярный Урал (Шиятов, 1965; Шиятов и др., 2002; Shiyatov, 2003). Для этого района характерна сильная изменчивость климатических условий различной длительности (Шиятов, 1986б), а высокогорная растительность не испытывает существенных антропогенных воздействий. На верхней границе леса здесь произрастают

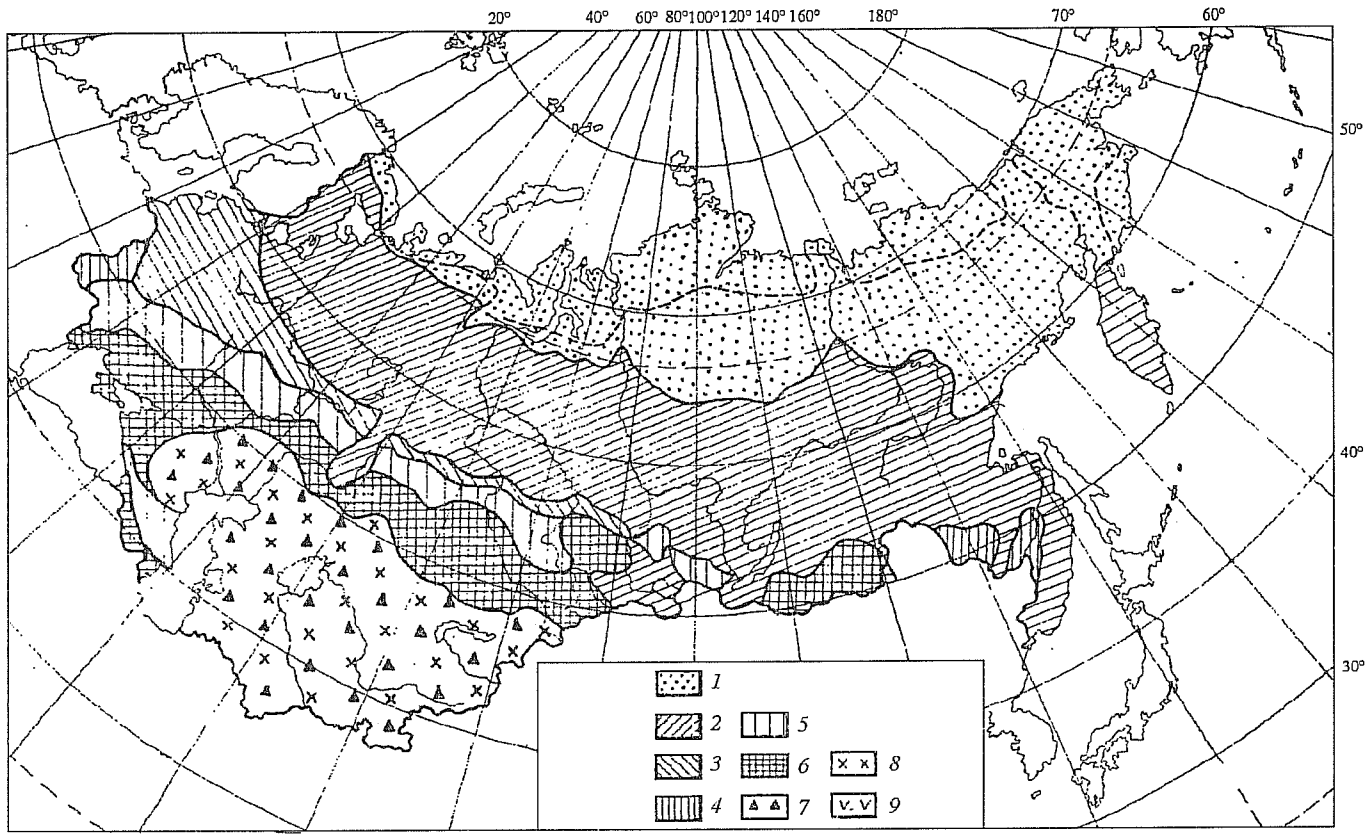


Рис. 3.30. Размещение природных зон на территории бывшего СССР в конце XX в. (Кобак, Кондрашева, 1992).
1 – тундра; *2* – хвойные леса; *3* – хвойно-лиственные леса; *4* – широколиственные леса; *5* – лесостепь; *6* – степь; *7* – полупустыня; *8* – пустыня; *9* – территории, для которых отсутствовали данные для построения карты

Электронный архив УГЛТУ

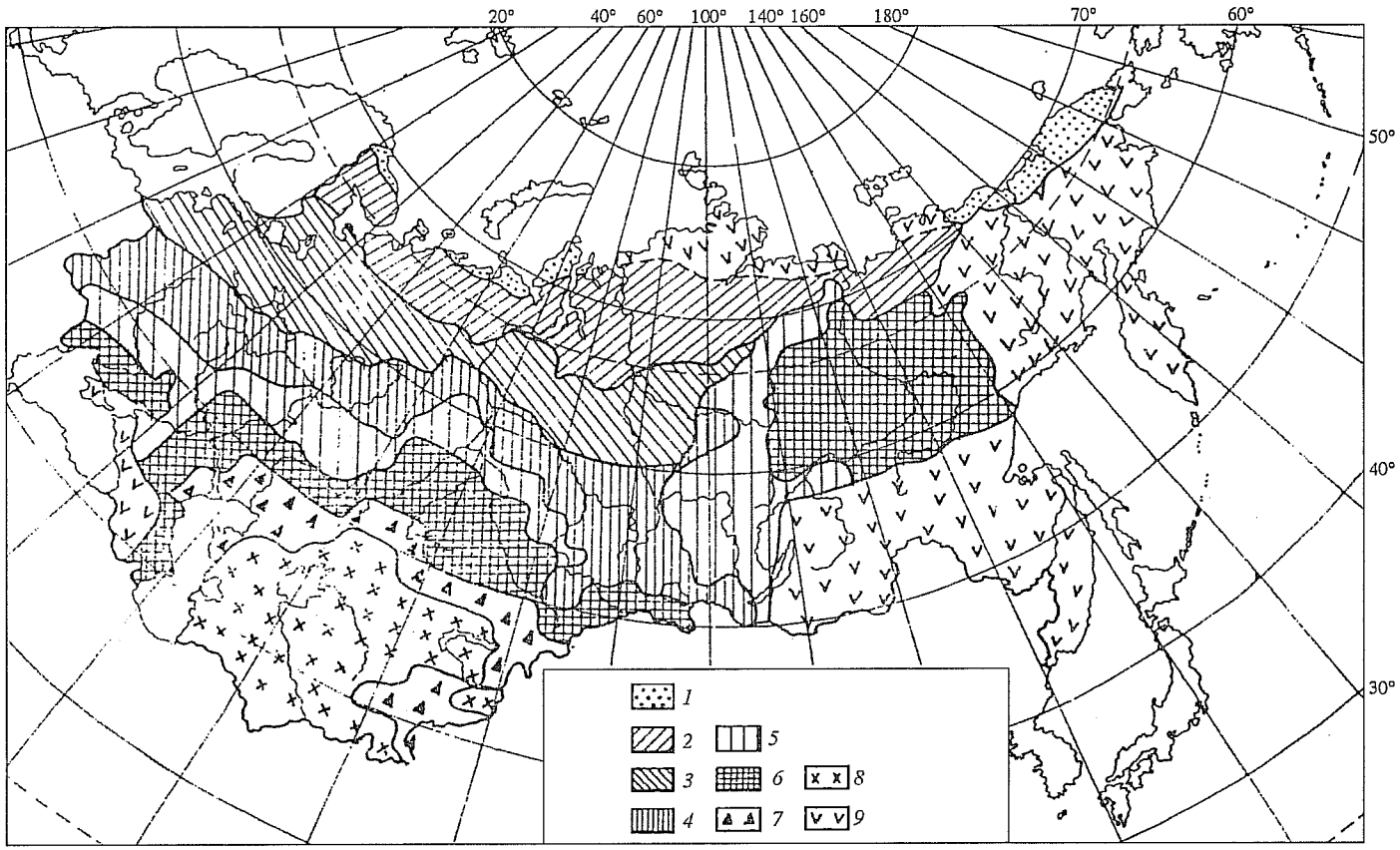


Рис. 3.31. Размещение природных зон на территории бывшего СССР при потеплении на 2,2 °С (Кобак, Кондрашева, 1992).
Обозначения см. на рис. 3.30

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

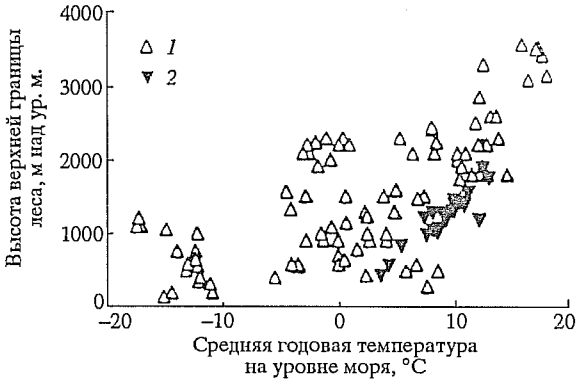


Рис. 3.32. Зависимость высоты верхней границы леса от средней годовой температуры на уровне моря, полученная по материалам мировой литературы (Jobbágy, Jackson, 2000). *1, 2* – данные для северного и южного полушарий соответственно

простые по составу древостои, что намного облегчает изучение их климатогенной динамики.

Исключительная сохранность древесных остатков на северном пределе лесной растительности позволила реконструировать полярную границу распространения лиственницы и установить, что она произрастала на Ямале уже в начале голоцена, т. е. 9,0–10,5 тыс. л. н. В течение всего голоцена граница последовательно смещалась к югу. Были выделены три хронологических отрезка: ранний (10500–7400 л. н.), средний (7400–3700 л. н.) и поздний (последние 3700 лет) голоцен, в каждом из которых положение границы было относительно стабильным. На вторую половину позднего голоцена (начиная с 500–700 гг. н. э.) пришлось последнее, довольно резкое перемещение северного предела лиственницы к югу (Хантемиров, Шиятов, 1999). Это было связано с развитием влажного и прохладного субатлантического периода, которое на юге ареала по времени совпало с последним наступлением лиственницы на степь.

В это же время, примерно с 745 г. н. э., началась интенсивная экспансия лиственницы в горы Полярного Урала. Она продолжалась до XIII столетия, достигнув высоты 340 м над ур. м. при максимальных размерах деревьев и густоте по сравнению с другими периодами, а затем процесс пошел в обратном направлении. В целом за последние 1250 лет верхняя граница лиственницы спустилась вниз на 430–800 м вдоль по склону и на 60–80 м над ур. м. (Shiyatov, 1995).

В целях количественной оценки изменений в составе, структуре и пространственном распределении лесотундровых сообществ, которые произошли на Полярном Урале в течение последних 90 лет, С.Г. Шиятов с соавт. (Шиятов и др., 2001, 2005; Шиятов, Мазепа, 2002) произвели крупномасштабное наземное картирование и описание лесотундровых сообществ, произрастающих в пределах *экотона верхней границы древесной растительности* (ЭВГДР). Под термином ЭВГДР авторы понимают, вслед за Х. Кернером (Körner, 1999), переходный пояс растительности в горах между верхними границами распространения одиночных деревьев в тундре и сомкнутых лесов. Этот экотон занимает более широкую полосу по сравнению с подгольцовым поясом, так как в него входит нижняя часть горно-тундрового пояса, где одиночно произрастают древесные растения.

Район исследований расположен в пределах южной части зоны лесотундры на восточном макросклоне Полярного Урала, в бассейне р. Собь (66°46'–66°55' с.ш., 65°22'–65°49' в.д.). Господствующее положение по площади и высоте занимает массив Рай-Из, который простирается почти в ши-

Электронный архив УГЛТУ

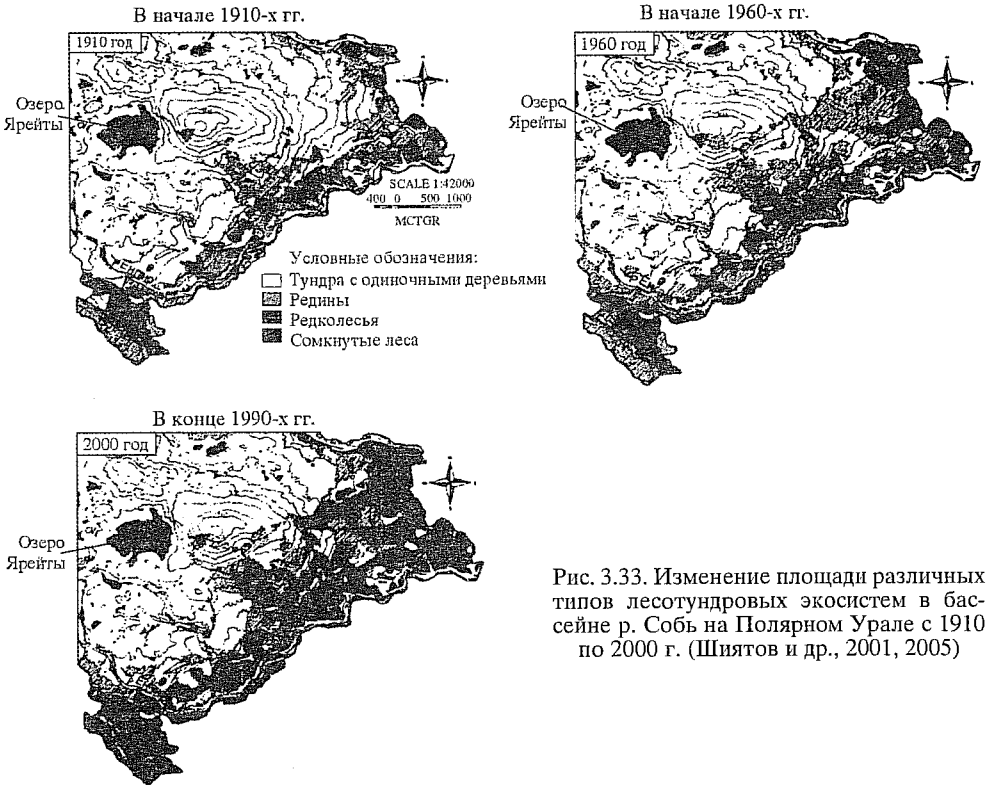


Рис. 3.33. Изменение площади различных типов лесотундровых экосистем в бассейне р. Собь на Полярном Урале с 1910 по 2000 г. (Шиятов и др., 2001, 2005)

ротном направлении от р. Собь на востоке до р. Макар-Рузь на западе. Наиболее возвышенная часть массива представлена обширным плато, высота которого колеблется от 800 до 1100 м над ур. м.

На горных склонах выражены следующие пояса растительности: горно-таежный, подгольцовый, горно-тундровый и пояс холодных гольцовых пустынь (Горчаковский, 1975). В пределах ЭВГДР преобладают чистые лиственничные (*Larix sibirica*) лесотундровые сообщества. В нижней части экотона встречаются лиственничные редколесья и леса с примесью ели сибирской (*Picea obovata*) и березы извилистой (*Betula tortuosa*).

На рис. 3.33 показано распределение различных типов лесотундровых сообществ в начале 1910-х, 1960-х и 2000-х гг. Видно, что за последние 90 лет произошло значительное облесение экотона, которое выразилось в существенном увеличении площадей редколесий и сомкнутых лесов и сокращении площади тундр. На многих склонах верхняя граница распространения редин, редколесий и сомкнутых лесов продвинулась выше в горы. Максимальное вертикальное смещение сомкнутого леса вверх по склону в междуречье рек Енгаю и Кердоманшор составило 80 м, редколесий и редин – 77 и 50 м соответственно. В связи с небольшой высотой горы Сланцевой и жестких ветровых условий на ее вершине вертикальное смещение этих границ здесь несколько меньше (35 м – для сомкнутого леса, 45–50 м – для редколесий и редин).

Электронный архив УГЛТУ

Таким образом, если первые исследователи лесотундры в XIX в. (Танфильев, 1953) отмечали повсеместное наступание тундры на лес и гибель опушек, то в течение последних 90 лет выявлен интенсивный обратный процесс, сопровождающийся увеличением облесенности территории. Однонаправленный характер смен на склонах различной экспозиции, а также в местообитаниях с разными почвенными и микроклиматическими условиями и отсутствие антропогенной нагрузки свидетельствуют о том, что эти процессы проходили под воздействием общего фактора – потепления климата (Шиятов и др., 2005).

Согласно данным метеостанции г. Салехарда, в 1920-х гг. произошло существенное потепление и увлажнение климата, которое продолжается до настоящего времени. Температура летних месяцев (июня–августа) в 1883–1920 гг. составляла 10,7 °С, в 1920–2004 гг. – 11,4 °С, т. е. возросла на 0,7 °С, а зимних месяцев (ноябрь–март) – на 1,1 °С (с –20,8° до –19,7 °С). Количество выпавших осадков в летние месяцы увеличилось на 32 мм (с 147 до 179 мм), а зимних – на 46 мм (с 67 до 113 мм).

В отличие от высотных экотонов бореальной зоны в Новозеландских Альпах потепление климата с 1950-х гг. не повлияло на сдвиг верхней границы леса и естественное возобновление в горах (Cullen et al., 2001). Это обусловлено тем, что светолюбивый бук серебристый (род *Nothofagus*), обычный на высотных экотонах южного полушария, формирует сомкнутый полог, круто обрывающийся на границе с туссоковыми лугами, или альпийскими злаковниками (рис. 3.34), причем видовой состав таких экотонов очень беден. Поэтому, несмотря на наличие обильных всходов в полосе экотона, для их перехода в категорию подроста и соответствующего сдвига верхней границы более важны естественные нарушения полога, а не климатические изменения. Картина опушки на рис. 3.34 внешне очень напоминает опушку сосняка на границе со степью (см. рис. 3.13 на вклейке).

Х. Кёрнер (Körner, 1998) считает, что верхняя граница леса определяется не столько текущими, сколько прошлыми изменениями климата. Согласно принципу Ле Шателье, воздействие внешнего фактора на равновесную систему вызывает в ней реакции, противодействующие производимому изменению (Вальтер, 1974). Этот феномен применительно к лесным экосистемам общеизвестен. Х. Кёрнер определяет его как «эластичность» (resilience) сформировавшихся лесных фитоценозов по отношению к условиям среды, и вследствие этой эластичности и большой продолжительности жизни многих древесных видов на верхнем пределе предполагается наличие существенного временно́го разрыва между изменением климата и положением верхней границы леса. По мнению Дж. Айвеса (Ives, 1978), если учесть, что деревья способны сохраняться иногда в течение нескольких тысячелетий, то попытки связать природную границу лесов в Колорадо с климатическими параметрами XX столетия совершенно нереальны.

«Мафусаилы» (по аналогии с библейским персонажем-долгожителем это деревья, живущие до 969 лет. – *В.У.*) на пределе лесов довольно редки, но прочесть климатическую летопись за период от одной до нескольких сотен лет в сегодняшней границе леса вполне возможно (Ives, 1978). В Белых горах Калифорнии на высоте около 3000 м над ур. м. растут самые

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.34. Экотон между древостоем бука серебристого (*Nothofagus menziesii*) высотой 3–5 м и альпийским видом злаковника «туссок» (*Chionochloa flavescens*) на высоте 1200 м над ур. м. Новая Зеландия, о. Южный (Cullen et al., 2001)

древние в мире, почти ровесники египетских пирамид, 17 деревьев сосны остистой (*Pinus longaeva*), возраст которых 4767 лет. Причину такого долголетия видят в суровых условиях произрастания: бедные сухие почвы и резкие перепады температур, в результате чего высота стволов не превышает 18 м, а годичный прирост по диаметру – 0,25 мм. По прогнозу с учетом их состояния эти древнейшие деревья проживут еще не менее 1000 лет (Эйнар, 2006).

Впрочем, «мафусаилы» иногда встречаются и в зональных экотонах. Примером может служить 350-летняя сосна обыкновенная высотой 37 м и окружностью ствола на высоте груди 4,4 м (рис. 3.35 на вклейке), ровесница Петра I, произрастающая и поныне на южном пределе своего ареала в Оренбургской области (Бузулукский бор, Боровое опытное лесничество, квартал 218, выдел 17). По-видимому, дерево было взято на учет при первом лесоустройстве бора, проведенном в 1843 г. «для ведения правильного лесного хозяйства» (Статистическое описание..., 1847. С. 201) (третье устройство лесов в истории России, после Лисино и Лосиного Острова), и сохранилось, несмотря на периодические повальные верховые пожары (например, в течение 1780–1840 гг. бор почти полностью выгорел), благодаря тому, что растет на песчаной гривке, посреди когда-то окружавших ее болот (Нестеров, 1949а).

В высокогорной зоне (3500 м над ур. м.) Зеравшанского хребта в Средней Азии путем измерения годичных колец у 800-летней арчи (*Juniperus turkestanica*), росшей на 150 м выше границы леса, выявлены

Электронный архив УГЛТУ

три периода минимальной ширины колец, что соответствует наихудшей климатической обстановке: конец XI, конец XVII и примерно середина XIX вв. (Максимов, Гребенюк, 1972). Используя эту хронологию колец, Н.В. Ловелиус (1974) методом наложенных эпох обнаружил три последовательных локальных минимума прироста, совпавшие с соответствующими взрывами сверхновых звезд в течение второй половины XVII в. С температурными трендами и сдвигами экотона данная хронология не сопоставлялась.

Несмотря на наличие многочисленных неопределенностей в представлениях об экотонах, попытаемся сделать некоторые обобщения.

1. На основе изложенного выше о переходных состояниях лесных экосистем экотон можно определить как обусловленную действием лимитирующих факторов полосу перехода от доминирования одной жизненной формы к доминированию другой, характеризующуюся наличием конкурентных отношений, от напряженности которых зависит крутизна (резкость) перехода (Арманд, Кушнарева, 1989; Ведюшкин, 1989; 1992; Armand, 1992; Körner, 1998). Имеется в виду динамика переходных состояний как в пространстве, так и во времени, причем последние идентифицируются с использованием сравнительно-географического метода А.К. Гумбольдта (Арманд, 1989) или метода пространственных аналогий (Арманд, Кушнарева, 1989).

2. Термины *экотон* и *граница* обозначают различные геоботанические образования. *Экотон* – это полоса растительности на земной поверхности, точки которой содержат признаки, характерные для смежных фитоценозов. *Граница экотона* – это линия на земной поверхности, соединяющая кратчайшим путем граничные точки, т. е. периферийные точки по ходу трансект, содержащие признаки, характерные как для первого, так и для второго фитоценозов. Соотношение этих признаков на двух границах экотона *прямо противоположное*. Линия в пределах экотона, кратчайшим путем соединяющая точки, в которых признаки смежных фитоценозов выражены *в одинаковой степени*, образует *границу фитоценозов* (Шиятов, 1985).

3. В высотном экотоне можно выделить по крайней мере четыре вида *верхней границы древесной растительности*:

- линия, соединяющая точки произрастания самых верхних *отдельных деревьев* независимо от их формы – стволовой, кустовой или стланиковой;
- линия, соединяющая точки произрастания самых верхних *микрогруппировок отдельных деревьев*; микрогруппировка в отличие от собственно дерева включает не только дерево, но и виды, произрастающие в пределах приствольных кругов и характерные для лесных фитоценозов;
- верхняя граница *островных мелколесий* – совокупность фронтальных границ между верхними *лесными фитоценозами* и примыкающими к ним *нелесными*; к лесным фитоценозам относятся участки выраженного древесного яруса, высота которого в 2–3 раза больше высоты кустарникового яруса, а в поперечнике превышает высоту деревьев в 5 раз, а сомкнутость не ниже 0,1;
- верхняя граница сплошных массивов мелколесий и высокостволь-ников.

Электронный архив УГЛТУ

Совокупность этих четырех границ представляет собой *верхнюю границу леса*, а *экотон верхней границы леса* – это совокупность соответствующих фронтальных экотонов (Шиятов, 1985).

4. Можно ли сказать, что в экотонах, обусловленных действием климатических факторов, переход гораздо постепеннее, чем в случаях действия эдафических факторов или деятельности человека (рубка, мелиорация, рекреация, пастьба скота и т. д.)? По-видимому, для такого предположения есть достаточные основания.

Строго говоря, констатация отсутствия согласованности в конфигурации профилей, изображенных на рис. 3.15 и 3.16, не совсем корректна, поскольку на втором рисунке даны значения фитомассы, полученные на пробных площадях, т. е. на участках сомкнутых древостоев. Если же взглянуть на любую карту лесов России, то никакой ступенчатости в зональных переходах не обнаружится, т. е. на уровне ландшафтов, а не фитоценозов, постепенный характер изменения плотности лесного покрова по зональному градиенту вполне согласуется с плавностью изменения климатических показателей. Поскольку зональные градиенты основных лимитирующих факторов – тепла и влагообеспеченности – имеют довольно значительную протяженность, то и конкурентные отношения между жизненными формами (лесной и тундровой, либо лесной и степной растительностью) выражены относительно слабо, и полоса перехода может составлять сотни и тысячи километров.

В пределах зональных экотонов *лес–тундра* и *лес–степь* размах действия лимитирующих эдафических факторов (в терминах продуктивности растительных сообществ) может быть довольно большим и даже превышать диапазон воздействия климатических факторов (Коломыц и др., 1993).

На севере можно выделить по крайней мере две разновидности пограничных переходов между площадями, занятыми взаимопроникающими в экотон представителями лесной и тундровой растительности: одна связана с градиентом дренированности почв при переходе от речной поймы к плакорам, а вторая – с градиентом толщины талого слоя почвогрунта. Первый переход обычно более растянут, а второй представляет собой опушку, где деревья непосредственно соприкасаются с тундровой растительностью.

На юге пограничный переход между площадями, занятыми взаимопроникающими в экотон лесными и степными фитоценозами, представляет собой опушку, т. е. узкую переходную зону, приходящуюся на границу раздела типичных степных и типичных лесных почв. Последние дифференцированы в связи с рельефом, и тогда наблюдается раздвоение ландшафтно-экологического оптимума (Коломыц и др., 1993) согласно принципу взаимозаменяемости экологических факторов Л.Г. Раменского (1938). В этом случае по градиенту эдафотопа может появиться экотон между жизненными формами, различающимися между собой в меньшей степени, чем лесная и травянистая (кустарниковая) растительность, например между сосной на песчаном плакоре и березой на пониженных элементах рельефа. Подобный экотон также может быть предельно узким.

В высотном экотоне градиенты лимитирующих климатических факторов сконцентрированы в значительно более узких диапазонах, чем в зо-

Электронный архив УГЛТУ

нальных (равнинных), и полоса перехода между верхней границей деревьев и сомкнутым древостоем составляет, например в Центральной Европе, несколько сотен метров (Körner, 1998). Но и в этом случае наблюдается иерархия переходов через несколько границ разного уровня (Шиятов, 1985). Тогда почему на верхнем пределе леса в горах Новой Зеландии экотон *лес–луг* предельно узок и представляет собой опушку леса, которую можно наблюдать повсеместно в лесной зоне? Ответ очевиден: как уже отмечалось, в этих условиях действие климатических факторов выражено слабо, и полоса перехода определяется иными факторами – биотическими, эдафическими и др. (Cullen et al., 2001). По-видимому, относительная индифферентность верхней границы леса по отношению к климатическим флуктуациям характерна и для высокогорий умеренной зоны (Ives, 1978; Körner, 1998).

Подобная дифференциация типов верхней границы леса по природным зонам укладывается в общую концепцию П.Л. Горчаковского (2006), согласно которой характер высотной поясности растительности определяется не только высотой гор, но и их зональным положением.

5. Ранее нами были упомянуты две взаимоисключающие тенденции в динамике растительности в экотоне в терминах продуктивности: в одних случаях продуктивность сообщества в экотоне выше, чем на прилегающих площадях, а в других – напротив, ниже. Можно предположить, что в случаях, когда конкурируют близкие по морфоструктуре жизненные формы, например сосна и береза на равнине или разные комбинации кустарниковой растительности в горах Кавказа, продуктивность сообщества в экотоне выше, чем за его пределами. Это с математически обусловленной неизбежностью следует из хорошо известного феномена: если в пределах некоторого диапазона по оси абсцисс действуют на встречных направлениях два убывающих тренда, то их совокупный эффект дает колоколообразную кривую с максимумом в области пересечения трендов (Кофман, Кузьмичев, 1979).

Если же конкурируют совершенно разные жизненные формы, например деревья и травы, или деревья и мхи (лишайники), то имеет место постепенное снижение продуктивности сообщества по направлению от границы леса к границе степной (тундровой, болотной) растительности, поскольку продуктивность сообщества в таком экотоне определяется исключительно древесной растительностью, и на ее фоне вклад иной растительности на встречном направлении ничтожно мал.

Отмеченное С.Г. Шиятовым (1985) повышение продуктивности древесной растительности в полосе между лесом и болотом может быть связано с тем, что в переходной зоне эдафотопа от плакора к болоту древостой той или иной породы оказывается в лучших условиях увлажнения по сравнению с плакором, но к экотону *лес–болото* как зоне конкуренции между жизненными формами это отношения не имеет.

В культурах степной зоны сосна в первые годы жизни растет хуже в крайних рядах по отношению к средним вследствие конкуренции деревьев и степной растительности за влагу. Согласно наблюдениям В.Г. Нестерова (1949б) в Бузулукском бору, количество усохших деревьев сосны в культурах снижается в направлении от опушки в глубь участка, а высота культур, например в возрасте 26 лет, повышается с 2,7 м у опушечных деревьев до 12 м в глубине участка, на расстоянии 19 м от опушки.

Электронный архив УГЛТУ

В культурах ленточных боров Восточного Казахстана (Семипалатинская и Павлодарская области) в возрасте 2–4 года отношение высот крайних и средних рядов составляет 85–87 %, но к 22–26 годам по мере развития корневых систем и крон культуры крайних рядов начинают подавлять травянистую растительность, и названное соотношение возрастает до 100–102 %, а диаметров стволов – до 105–106 %, т. е. начинает проявляться «опушечный эффект» (Вдовенко, 1974).

В полосных культурах островных боров Северного Казахстана (Кустанайская область) отношение высот крайних и средних рядов неоднозначно, что связано с действием лимитирующего фактора – влагообеспеченности местообитания. На темно-каштановых почвах при недоступном для корней сосны уровне грунтовых вод в возрасте 11 лет это отношение составляет 62 %, а к 25 годам возрастает до 84 %, но отставание в росте крайних рядов от средних сохраняется на всем возрастном интервале. Напротив, на лугово-каштановых почвах при доступном для культур уровне грунтовых вод, т. е. при оптимальных для сосны почвенно-гидрологических условиях, травянистая растительность подавляется сосной, и к 22–23 годам уже проявляется «опушечный эффект» при отношении высот крайних и средних рядов 108–112 % (Крепкий, Стихарева, 1986).

6. Независимо от иерархического уровня, или, по терминологии С.Г. Шиятова (1985), «ранга территориальных единиц растительности» (с. 40), по А.Д. Арманду – «уровня экосистемной иерархии» (Экосистемы..., 1989, с. 138), по Э.Г. Коломыцу (1988) – «структурного уровня ландшафтной организации» (с. 24), экотон формирует триггерную полосу, которая тем уже, чем напряженнее конкурентные отношения между жизненными формами: если полоса *зонального* экотона может исчисляться сотнями и тысячами километров, *высотного* – сотнями метров, то ширина *локального* (например, лесной опушки) – несколькими метрами.

3.2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ ВБЛИЗИ ЭКОТОНОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Биологическая продуктивность лесов характеризует продукционный потенциал лесного покрова и является важнейшей количественной характеристикой лесной экосистемы. Однако пока не все древесные породы имеют биопродукционные характеристики и не на всей площади их ареалов. Этот факт диссонирует с возрастающей потребностью в глобальных обобщениях биологической продуктивности, необходимых в расчетах углерододепонирующего потенциала лесов. Поэтому степень достигнутого прогресса в изучении глобальной биологической продуктивности лесов во многом определяется фактологическим состоянием вопроса, т. е. обеспеченностью фактическими данными биологической продуктивности, причем не только в пределах основных ареалов лесов, но и по их окраинам, т. е. экотонам.

В настоящем разделе автором не ставилась цель полного обзора имеющихся в литературе данных о биопродуктивности лесов в экотонах Северной Евразии. Такие данные включены в общие сводки, приведенные в приложениях. Здесь дается лишь выборочный анализ некоторой информации вкупе с результатами собственных исследований за последние годы.

Электронный архив УГЛТУ

3.2.1. ЭКОТОНЫ *ЛЕС–ТУНДРА*

По В.Н. Андрееву (1970), одна из основных задач ботанической географии заключается в выяснения процессов формирования растительного покрова, характера и общего направления сукцессии растительных группировок, приводящих к смещению существующих и созданию новых ботанико-географических рубежей. Кроме общепринятых методов, для этой цели используется анализ данных по запасам, составу и закономерностям географического размещения фитомассы. Преимущество этих данных заключается в том, что они непосредственно отражают степень развития отдельных видов растений или их биологических групп. Живая масса растений, а также темпы ее воспроизводства – это наиболее тонкий показатель их преуспевания в современных исторических условиях. Данные по определению фитомассы «имеют не только практическое, но и крупное теоретическое значение, характеризуя производительность изучаемой площади, баланс и результат жизнедеятельности и взаимодействия растений – компонентов растительного покрова» (Раменский, 1966, с. 17).

На основании данных о запасах надземной фитомассы В.Н. Андреев (1970) установил некоторые особенности современной экспансии южных элементов на север. К северу от таежной зоны отчетливо прослеживаются подзоны редкостойных лесов, редколесий, южной субарктической тундры, северной субарктической тундры, арктической тундры и арктической полупустыни. Первые две подзоны входят в состав лесотундры, следующие три – в состав тундровой зоны; последняя подзона представляет собой южную окраину зоны арктических пустынь. Каждая ботанико-географическая подзона характеризуется определенной величиной запаса и спектром фитомассы (табл. 3.1).

Арктическая полупустыня, занимающая узкую прибрежную полосу на Югорском полуострове, отличается наименьшим запасом надземной фитомассы. В ее составе преобладают арктические кустарнички – около 1/3 общего запаса, половину запаса составляют многолетние травы, почти в равном соотношении – осоковые и разнотравье. Развитие мхов подавлено, кустистые лишайники и кустарники отсутствуют.

Арктическая тундра, расположенная в северной части Югорского полуострова, характеризуется сплошным растительным покровом, в связи с чем запас надземной фитомассы возрастает в 2,5 раза. Преобладают зеленые мхи и многолетние травы, среди которых на первое место выдвигаются осоковые, слагающие основу травостоя своеобразных заболоченных луговых арктических тундр. В этих тундрах, а также на луговинах, обязанных своим существованием долготающим снежникам, обильно развито разнотравье, представленное преимущественно арктоальпийскими видами. Роль арктических кустарничков сокращается, а кустарники представлены низкими, стелющимися и не поднимающимися над травостоем кустами ив, образующих незначительную фитомассу.

Северная субарктическая тундра занимает побережье Карского моря к востоку от р. Кары, южную часть Югорского полуострова, возвышенности Еней и Вангурей в Большеземельской тундре, север Малоземельской тундры и южную часть острова Колгуев. Общий запас фитомассы в этой подзоне возрастает по сравнению с предыдущей более чем в 2 раза благодаря необычайному развитию кустарниковых видов ив, образующих обширнейшие

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.1

Запас надземной фитомассы в воздушно-сухом состоянии по подзонам Восточноевропейского Севера (Андреев, 1970)

Группа растений	Арктическая полупустыня		Арктическая тундра		Субарктическая северная тундра	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Мхи	0,9	18,4	4,9	39,6	6,0	22,6
Кустистые лишайники	–	–	0,1	0,8	0,9	3,4
Осоковые	1,1	22,4	3,7	29,8	2,8	10,5
Злаки	0,1	2,0	0,5	4,0	0,7	2,6
Разнотравье	1,2	24,5	2,2	17,7	1,6	6,0
Кустарнички арктические	1,6	32,7	1,0	8,1	0,7	2,6
Кустарнички субарктические	–	–	–	–	0,7	2,6
Карликовая береза	–	–	–	–	1,1	4,2
Кустарниковые ивы	–	–	–	–	12,1	45,5
Древесные породы	–	–	–	–	–	–
Всего	4,9	100,0	12,4	100,0	26,6	100,0

Группа растений	Субарктическая южная тундра		Редколесная тундра		Редкостойные леса	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Мхи	11,8	37,3	13,7	18,8	15,0	12,5
Кустистые лишайники	2,7	8,5	4,2	5,8	3,0	2,5
Осоковые	2,1	6,7	1,9	2,6	2,2	1,8
Злаки	–	–	–	–	–	–
Разнотравье	0,3	0,9	0,3	0,3	0,3	0,3
Кустарнички арктические	–	–	–	–	–	–
Кустарнички субарктические	3,6	10,3	5,6	7,8	6,2	5,2
Карликовая береза	5,7	18,0	7,1	9,8	8,3	6,9
Кустарниковые ивы	5,4	17,2	3,4	4,7	2,4	2,0
Древесные породы	–	–	36,5	50,2	82,3	68,8
Всего	31,6	100,0	72,7	100,0	119,7	100,0

заросли по склонам холмов и депрессиям рельефа, где они достигают в высоту 2–3 м. Также широко они развиты в различных тундровых группировках в плакорных условиях данной подзоны в виде отдельных кустов высотой до 0,4–0,6 м.

Южная субарктическая тундра, протянувшаяся широкой сплошной полосой от Белого моря до Уральского хребта, характеризуется почти таким же запасом надземной фитомассы, как и предыдущая подзона. Однако существенное отличие заключается в том, что кустарниковые ивы разделяют здесь свое господство с карликовой березой. Группировки, в которых карликовая береза занимает господствующее положение, развиты на обширных пространствах и преобладают на плакорах как на минеральных почвах,

Электронный архив УГЛТУ

так и на торфяных в олиготрофных условиях. Кустарниковые ивы в этой подзоне менее распространены и образуют чистые заросли лишь по депрессиям рельефа и у основания склонов. Большая примесь их отмечается среди яруса карликовой березы, особенно в нижних частях склонов. По-прежнему доминирующее положение в растительных группировках занимают мхи, что составляет характерную особенность всех тундровых подзон. Возрастает роль кустистых лишайников и субарктических кустарничков. Резко сокращается запас надземной фитомассы многолетних трав, причем арктоальпийское разнотравье сохраняется в ничтожном количестве, что связано с отсутствием в этой подзоне луговых арктических тундр и резким сокращением площади долготающих снежников.

Редколесная тундра простирается от основания Канинского полуострова до предгорий Полярного Урала. В ней появляется новый компонент растительного покрова – древесные породы. В связи с этим общий запас надземной фитомассы удваивается, причем 50 % приходится на древесные породы. По-прежнему существенное место занимают мхи, несколько сокращается запас кустарников, надземная фитомасса карликовой березы вдвое выше, чем кустарниковых ив. Возрастает роль кустистых лишайников, достигающих здесь максимального развития.

Подзона редкостойных лесов (южная лесотундра) занимает широкую полосу от Белого моря до Уральского хребта. Позиции древесной растительности продолжают укрепляться. Запас надземной массы древесных пород более чем удваивается. Возрастает и роль мхов. Усиливается значение субарктических кустарничков и карликовой березы. Продолжается падение роли кустарниковых ив. Общий запас надземной фитомассы по сравнению с предыдущей подзоной почти удваивается.

Таким образом, закономерные изменения спектра фитомассы отражают наиболее существенные черты широтной зональности растительного покрова тундровой зоны, причем, по мнению В.Н. Андреева (1970), не только современные эколого-климатические особенности подзоны. Они несут на себе явные черты истории формирования растительного покрова, особенно на самых последних этапах антропогена.

Существенное влияние на состояние биогеоценозов тундры оказало потепление климата, наиболее интенсивно протекавшее со второй четверти XX в. Очевидно, общая тенденция к потеплению проявляется на протяжении более длительного времени и относится к периодическим изменениям продолжительностью в несколько сот лет (Синицын, 1967). Именно более длительным влиянием можно объяснить ряд особенностей современного растительного покрова тундры, не объяснимых с точки зрения только одних современных эколого-климатических условий (Андреев, 1970).

Современную таксационную характеристику редколесий Субарктики на примере лиственничников дают А.А. Пряжников и А.И. Уткин (1998). Субарктические, или предтундровые, леса объединяют леса и редколесья лесотундры и подзоны северной тайги. Они имеют важное экологическое значение, но не играют большой роли в лесопромышленном комплексе России и поэтому плохо охарактеризованы с таксационных позиций. Описания их даны преимущественно геоботаниками, без перечислительной таксации на пробных площадях. При государственных инвентаризациях лесов учитывается все разнообразие лесов и редколесий как зональных (на водораздель-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.2

Таксационные показатели субарктических лиственничников (Пряжников, Уткин, 1998)

Показатель	Водораздельные леса и редколесья (29 пр. пл.)		Долинные леса (13 пр. пл.)	
	$X \pm \sigma_x$	Пределы	$X \pm \sigma_x$	Пределы
Возраст, лет	172±86	36–360	131±61	48–270
Средняя высота, м	10,0±4,0	5,3–19,7	14,7±3,5	7,6–21,0
Средний диаметр, см	11,8±7,2	3,9–38,5	15,0±4,8	6,1–23,4
Число стволов на 1 га	2540±3782	128–15 600	2405±2108	496–7700
Площадь сечений, $м^2$/га	11,2±5,5	2,4–22,3	24,9±6,1	16,3–35,3
Запас, $м^3$/га	64±34	9–120	197±6,1	122–308

ных пространствах), так и интразональных – вдоль речек и ручьев, по надпойменным террасам более крупных рек. Первые имеют обычно островное расселение и групповую структуру древесного яруса, вторые – ленточное простирание. В обоих случаях, в отличие от массивных лесов, возникают сложности при определении таксационных показателей: средних высоты и диаметра, густоты, суммы площадей сечения стволов, запаса, особенно возраста при наличии нередко деревьев до 3–4 поколений. Между тем эти показатели важны и для многих расчетов, в том числе и для познания углеродного цикла природных систем Субарктики.

А.А. Пряжников и А.И. Уткин (1998) сформировали две выборки: одну – для водораздельных лесов и редколесий и вторую – для долинных лесов, и рассчитали средние таксационные показатели (табл. 3.2). В Субарктике долинные лиственничники даже при продвижении в тундру сохраняют таксационные характеристики, близкие к зональным среднетаежным экосистемам. Водораздельные леса и редколесья, напротив, по большинству показателей в 1,5–2 раза уступают долинным лиственничникам. Если главная экологическая функция долинных лесов – сохранение русел рек от размыва и формирование высокой пойменной террасы, то функция водораздельных – поддержание равновесия между растительностью, почвами и вечной мерзлотой (Пряжников, Уткин, 1998).

Наши исследования биологической продуктивности лиственничников выполнены на крайнем севере Западной Сибири в подзоне лесотундры примерно на широте Полярного круга (66°30' с.ш. и 78° в.д.), на надпойменных террасах и плакорах бассейна р. Хадытояхи – притока Пура в его низовьях (рис. 3.36). Изучаемый район расположен примерно в 70 км к северу от п. Уренгой Ямало-Ненецкого автономного округа, на землях Госземзапаса, ранее не пройденных лесоустройством. В 1956 г. была проведена лишь аэротаксация лесных площадей вдоль Пура и его притоков.

Для притундровых лесов этого региона характерны удаленность от экологического оптимума, близость к тундре с произрастанием на холодных почвах при малой мощности корнеобитаемого слоя, краткость безморозного периода (84–94 дня) и низкие летние температуры. Благоприятные условия для развития лесной растительности складываются лишь в долинах рек по приречным террасам и на участках высокой поймы.

Притундровые леса занимают 11 млн га, или 34,8 % от общей площади лесов Ямало-Ненецкого автономного округа. Общая формула состава при-

Электронный архив УГЛТУ

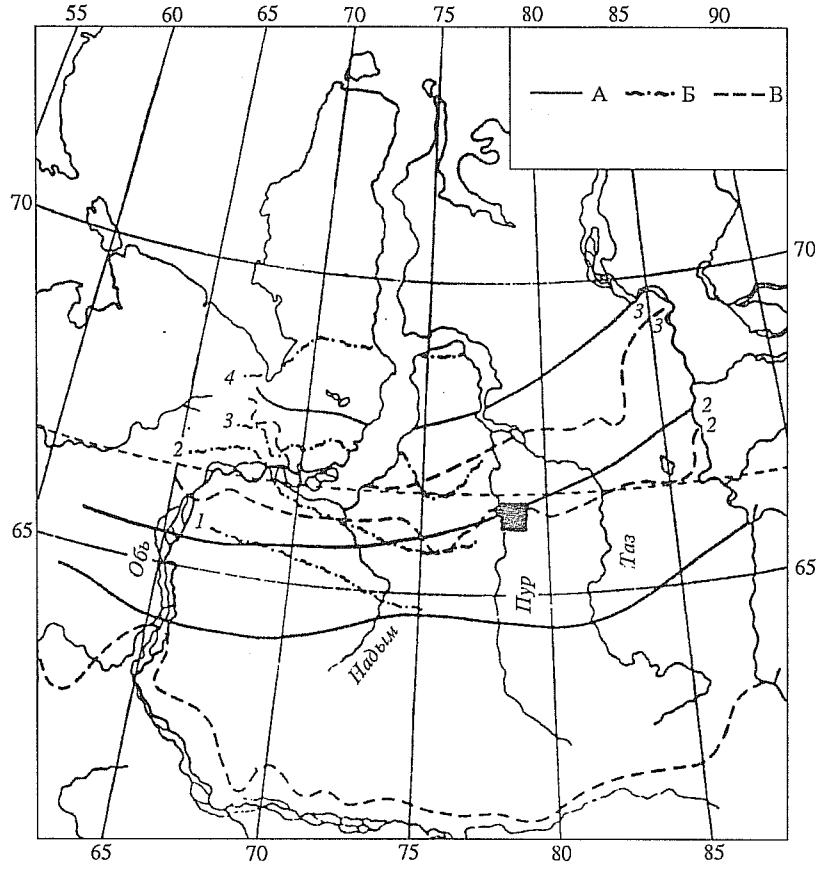


Рис. 3.36. Схема зональных делений растительного покрова севера Западной Сибири:
А – по Б.Н. Городкову: *1–2* – елово-лиственничная подзона таежной зоны, *2–3* – лесотундра; Б – по В.Н. Андрееву: *1–2* – подзона южной лесотундры, *2–3* – подзона северной лесотундры, *3–4* – подзона южной тундры; В – по В.Б. Сочава с соавт.: *1–2* – подзона северной тайги; *2–3* – подзона предтундровых редколесий (цит. по: Норин, 1961). Квадратом обозначено место закладки наших пробных площадей

тундровых лесов – 61Л17Е11К6Б5С. Около 93 % древостоев имеют V–Vб класс бонитета, при средней полноте 0,42. Леса отличаются низкой продуктивностью – в среднем от 60 м^3/га в ельниках до 69 м^3/га в кедровниках. В типологическом отношении преобладают леса влажных (38,6 %) и избыточно влажных (28,2 %) местообитаний, велика площадь лесов с лишайниковым и кустарничково-лишайниковым покровом (24,0 %). Более 60 % лесопокрытых земель занимают лиственничники (*Larix sibirica*). Ель как эдификатор занимает 17 % площади. Еще менее распространены кедровники – 11 % (Шишкин, 1997).

В пределах подзоны предлесотундры общий рельеф Западно-Сибирской равнины характеризуется чередованием плакорных возвышенностей и широких речных долин. Это определило наличие двух геоморфологических комплексов – плакорного и долинного, включающего приречные террасы и пойму. Лесной покров на плакорах представлен редкостойными лесами и редколесьями лиственницы, приуроченными к легким, глубоко протаивае-

Электронный архив УГЛТУ

мым почвам, и ельниками, произрастающими на суглинках, подстилаемых многолетнемерзлыми грунтами.

Экологический ряд лиственничников образуют лишайниковый, лишайниково-брусничный и брусничный типы леса (Va–Vб классы бонитета). Класс возраста древостоев – VIII. Диаметр стволов в лишайниковом насаждении варьирует от 16 до 34 см (в среднем 23,0 см), в лишайниково-брусничном – от 11 до 26 (19,0) см, в брусничном – от 10 до 26 (17,5) см. Коэффициент изменчивости составляет 19,6–27,5 %. На аналогичных по режиму увлажнения формах рельефа, но формируемых суглинистыми отложениями, распространение получают ельники кустарничково-лишайниковые на глубоко протаиваемых почвах и кустарничково-моховые ельники на грунтах мерзлотных или подстилаемых мерзлотой.

Сомкнутые и высокополнотные насаждения, сильно отличающиеся по структуре и продуктивности от плакорных, древесная растительность образует только в поймах, где экологические ряды представлены от лишайниковых или зеленомошно-ягодниковых типов леса на самых возвышенных формах рельефа (прирусловых валах, гривах) до травяно-болотных древостоев в межгривных понижениях или ивняков пойменных на участках низкой поймы (Шишкин, 1997).

Экологически специфичный полярный пояс на северном пределе ареала лиственницы представляет особый интерес при исследовании ее биологической продуктивности. Леса и редколесья мерзлотной зоны отличаются от таежных лесов низкими продуктивностью древостоев, запасами древесины и разреженным древесным пологом (Абаимов, 2004).

В мозаичном комплексе лесотундры лиственница тяготеет к рекам, ее ареал видоизменяется, переходит от сплошного к ленточному, и лиственничники по поймам и надпойменным террасам представляют собой экстразональные сообщества. В нижнем течении р. Пур, где выполнялось наше исследование, небольшие сомкнутые лиственничные массивы довольно высокой производительности распространены по пойме почти до ее устья и встречаются вплоть до Самбурга, достигая северной границы лесотундры. Здесь лиственница составляет 33 % площади лесов.

Обращает на себя внимание резкое различие морфоструктуры древостоев на экотоне *лес–тундра* при переходе от пойменных лиственничников у уреза воды к плакорным на многолетней мерзлоте. Если первые вследствие дренажа, теплового и твердого речного стока практически не отличаются от аналогичных древостоев таежной зоны, то вторые представлены исключительно низкобонитетными разреженными сообществами на мерзлотных грунтах с маломощным почвенным горизонтом.

Наши исследования выполнены на трех пробных площадях на плакорах (брусничный тип леса) и трех в пойме (зеленомошно-ягодниковый тип леса). Возраст лиственничников от 45 до 100–350 лет (рис. 3.37–3.38 на вклейке). По ступеням толщины отобрано по 10 модельных деревьев, всего – 60. Методика обработки модельных деревьев в основном соответствует положениям, рекомендованным в главах 1 и 2. В частности, прирост ветвей выполнен методом А.И. Русаленко и Е.Г. Петрова (1975), ствола – методом «расчехления». Характеристика заложенных пробных площадей дана в табл. 3.3.

Пробные площади 4–6 заложены в пойменной части трансекты, на расстоянии 20–50 м от уреза воды (см. рис. 3.37 на вклейке). По мере уда-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.3

Таксационная характеристика пробных площадей, заложенных в экотопе лесотундры в низовьях р. Пур

№ пробной площади	Состав	Возраст (*A*), лет	Класс бонитета	Средняя высота (*H*), м	Средний диаметр (*D*), см	Число стволов на 1 га (*N*)	Площадь сечений (*G*), м²/га	Запас (*M*), м³/га
Надпойменные террасы, лиственничник зеленомошно-ягодниковый								
4	10Л	45	II	15,2	15,0	1329	23,6	200
5	8Л1Е1Б	260	Ш	23,7	31,3	944	40,8	446
6	5Л4К1Е	350	II	21,0	24,0	484	21,7	218
Плакорные местообитания, лиственничник брусничный								
1	10Л	45	V	7,6	6,6	1740	5,96	24,2
2	5Л3К2Е	100	Va	9,5	11,9	677	7,57	38,0
3	8Л2Б	102	Va	9,3	10,9	550	5,16	25,2

ления от поймы встречаются небольшие островки березовых и хвойно-лиственных насаждений по плакорам и ивняковые заросли по берегам ручьев и стариц. На расстоянии около 3 км от берега встречается преимущественно лиственница – как единичные деревья, так и биогруппы из 3–5 деревьев. Однако при резком поднятии плакоров по отношению к пойме, в этом случае обычно узкой, т. е. при резком перепаде уровней пойменных и плакорных местообитаний, характерные разреженные биогруппы и насаждения лиственницы на многолетней мерзлоте подступают непосредственно к верхней террасе поймы с обрывистым берегом и находятся от уреза воды уже на расстоянии 40–50 м. Очень малочисленны участки лиственницы, которые можно отнести к категории насаждений или, по терминологии А.И. Толмачева (1926), лиственничных перелесков. В трех таких насаждениях-перелесках и были заложены наши пробные площади 1–3 (см. рис. 3.38 на вклейке).

Сопоставление таксационных показателей лиственничников (см. табл. 3.3) свидетельствует о скачкообразном снижении производительности древостоев при переходе от надпойменных террас в мерзлотную зону, поскольку действие теплового и твердого речного стоков проявляется лишь на сравнительно узкой полосе поймы. В результате запасы лиственницы в двух типах леса, расположенных относительно друг друга на расстояниях от 50 м (при высокой пойме) до 2–3 км (при низкой пойме), различаются в 8–12 раз.

Сильно различаются и показатели биологической продуктивности лиственничников. Установлено, что в возрасте 45 лет при близких густотах (1300–1700 деревьев на 1 га) надземная фитомасса и масса хвои лиственничников в пойме соответственно в 7 и 2,4 раза выше, чем на плакорах. В спелых и старовозрастных насаждениях это различие еще больше – соответственно в 10 и 3 раза выше, чем на плакорах.

Почти 5-кратное различие по общей надземной первичной продукции (рис. 3.39) обусловлено более выраженной степенью дренированности поймы в сравнении с плакорами, а также тепловым и твердым речным стоком (Миронов, Агафонов, 1992). Внутрипочвенный надмерзлотный сток на плакорах обычно незначителен (Поздняков, 1963). Однако по относительным показателям первичной чистой продукции разных фракций фитомассы пой-

Электронный архив УГЛТУ

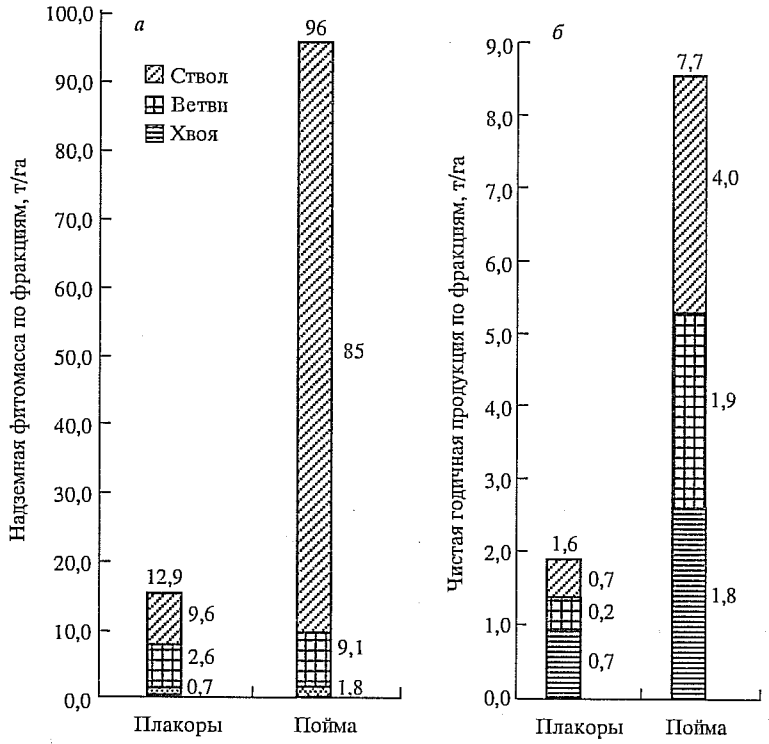


Рис. 3.39. Структура надземной фитомассы (*а*) и годичной первичной продукции (*б*) 45-летних лиственничников в экотоне *лес–тундра* в низовьях р. Пур

менные и плакорные лиственничники близки: в первом случае доли стволов, хвои и ветвей составили 38, 40 и 22 %, а во втором – соответственно 30, 40 и 30 % в надземной *NPP* (табл. 3.4). Хотя на плакорах относительная доля хвои несколько выше, а доля стволов ниже, чем в пойме.

Средние показатели надземной фитомассы пойменных лиственничников *Larix sibirica* в бассейне р. Пур превышают аналогичные показатели лиственницы *L. gmelinii* в Восточной Сибири на тех же широтах (Поздняков, 1975; Митрофанов, 1984; Щепащенко и др., 2001) почти в 5 раз, а по массе хвои – в 2 раза (табл. 3.5). Это может быть обусловлено большей континентальностью климата либо иным сопутствующим фактором (например, количеством осадков или суммой летних температур) Восточной Сибири по сравнению с Западной Сибирью. Однако на плакорах средние запасы фитомассы *L. sibirica* (низовья р. Пур, Западная Сибирь), *L. gmelinii* (плато Путорана, Средняя Сибирь) и *L. cajanderi* (бассейн р. Яны, Восточная Сибирь) близки и составляют 16,0; 19,4 и 18,6 т/га соответственно. По-видимому, во всех трех сибирских провинциях фактор, лимитирующий рост лиственницы на плакорах, один и тот же – многолетняя мерзлота (см. табл. 3.5).

Средние показатели фитомассы лиственничников плакорных местообитаний в низовьях р. Пур превышают таковые в урочище «Ары-Мас» на Таймыре (72°30' с.ш.), самом северном массиве *L. gmelinii* не только в Сред-

Таблица 3.4

Надземная фитомасса и годичная чистая продукция лиственницы в экотоне *лес–тундра* в низовьях р. Пур

Таксационные показатели (см. табл. 3.3)							Фитомасса, т/га					Годичная чистая продукция, т/га				
A, лет	Класс бонитета	*D*, см	*H*, м	*G*, м²/га	*N*, экз/га	Запас, м³/га	стволов	в т. ч. коры	ветвей	хвои	всего	стволов	в т. ч. коры	ветвей	хвои	всего
Пойма, лиственничник зеленомошно-ягодниковый																
45	II	15,0	15,2	23,6	1329	200	84,9	12,4	9,09	1,79	95,8	4,01	0,49	1,85	1,79	7,65
260	III	31,3	23,7	40,8	944	446	168,1	39,8	14,1	2,82	185,0	1,33	0,27	0,54	2,82	4,49
350	II	24,0	31,5	21,7	484	218	90,7	15,5	9,55	1,29	101,5	1,33	0,27	0,97	1,29	3,59
Плакоры, лиственничник брусничный																
45	V	6,6	7,6	5,96	1740	24,2	9,57	1,93	2,56	0,74	12,9	0,68	0,15	0,19	0,74	1,61
100	Va	11,9	9,5	7,57	677	38,0	11,8	4,84	2,82	1,06	15,6	0,11	0,04	0,23	1,06	1,40
102	Va	10,9	9,3	5,16	550	25,2	8,02	3,08	1,33	0,33	9,68	0,22	0,09	0,39	0,33	0,94

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.5

Надземная фитомасса лиственницы в притундровых лесах Средней и Восточной Сибири

№ п. п.	Тип леса	Класс бонитета	Возраст, лет	Фитомасса, т/га					Автор
				стволов	в т. ч. коры	ветвей	хвои	всего	
Средняя Сибирь, Таймыр, урочище «Ары-Мас», 72°28' с.ш., 101° в.д.									
Тундра, Larix gmelinii									
1	Баг.	Vв	142	6,88	–	2,73	0,49	10,1	Кнорре, 1977
2	Олх.	Vв	142	4,15	–	2,01	0,21	6,37	
3	Оск.	Vв	142	3,24	–	2,49	0,24	5,97	
4	Оск.	Vв	142	0,29	–	0,42	0,07	0,78	
5	Оск.	Vв	142	0,30	–	0,18	0,03	0,51	
Средняя Сибирь, плато Путорана, 70° с.ш., 90° в.д.									
Лесотундра, Larix gmelinii									
1	Олх.	V	155	51,2	–	3,06	1,23	55,5	Деева, 1985, 1987
2	Брс.	Vв	155	3,03	–	0,41	0,10	3,54	
3	Ер.	V	150	13,2	–	5,5	0,50	19,2	Паутова, 1976
4	Олх.	V	150	15,3	–	6,2	0,50	22,0	
5	Олх.	V	150	15,9	–	6,5	0,60	23,0	
6	Баг.	V	150	24,8	–	7,8	0,70	33,3	
7	Олх.	V	150	28,9	–	6,6	0,80	36,3	
8	Ер.	Vв	150	2,2	–	1,0	0,16	3,36	
Восточная Сибирь, Якутия, Жиганск, Верхоянск, 67° с.ш., 123° в.д.									
Предлесотундра, плато, Larix cajanderi									
1	Баг.	Vб	300	29,8	5,7	3,8	0,6	34,2	Поздняков, 1975;
2	Баг.	Va	190	37,8	7,3	2,0	1,1	40,9	Митрофанов,
3	Ер.	Va	85	10,2	2,0	1,2	0,6	12,0	1984
4	Баг.	Vб	350	31,4	4,9	2,7	0,7	34,8	
5	Ер.	Va	150	30,9	5,6	2,1	0,4	33,4	
6	Брс.	V	170	49,4	8,2	2,2	0,8	52,4	
Предлесотундра, долины, Larix cajanderi									
1	Глб.	IV	60	43,1	8,3	7,3	1,2	51,6	Митрофанов,
2	Брс.	IV	255	43,8	6,7	2,3	1,1	47,2	1984
3	Шкш.	V	90	6,1	1,2	0,9	0,5	7,5	
4	Ер.	IV	32	14,9	3,3	2,1	1,3	18,3	
5	Шкш.	V	44	29,3	6,5	1,1	0,8	31,2	
6	Брс.	Va	200	25,7	5,0	3,5	1,6	30,8	
Восточная Сибирь, Якутия, устье р. Джанкы, 67° с.ш., 133° в.д.									
Предлесотундра, плакоры, Larix cajanderi									
1	Сфг.	Vв	113	12,5	2,50	1,58	0,42	14,5	Щепащенко и
2	Сфг.	Vб	124	29,0	5,68	3,84	0,99	33,8	др., 2001
3	Сфг.	Vв	115	6,76	1,35	0,95	0,26	7,97	
Предлесотундра, пойма, Larix cajanderi									
1	Брс.	Va	125	39,9	7,73	5,73	1,47	47,1	
2	Глб.	Vб	127	17,2	3,46	2,16	0,59	20,0	
3	Оск.	Vв	92	3,23	0,68	0,26	0,08	3,57	

Электронный архив УГЛТУ

ней Сибири, но и на планете (Кнорре, 1977), как по общей надземной, так и по массе хвои в 3,4 раза (см. табл. 3.5), что может быть обусловлено различиями по зональному градиенту, т. е. более низким значением суммы летних температур на Таймыре по сравнению с низовьями р. Пур.

3.2.2. ВЫСОТНЫЕ ЭКОТОНЫ

В горах действие абиотических факторов на продуктивность и структуру растительных сообществ по высотному градиенту сконцентрировано на значительно меньшей территории и поэтому более наглядно по сравнению с равнинными местообитаниями. По данным И.П. Ведя (1969), в условиях горного Крыма запасы древостоев как на северных (бук), так и на южных (сосна крымская) склонах изменяются синхронно с радиационным индексом сухости.

Верхний предел распространения сосны обыкновенной в горах Шотландии (57°08' с.ш., 03°50' з.д.) варьирует в диапазоне от 570 до 610 м над ур. м. Установлено (James et al., 1994), что вверх по высотному профилю от 290 до 675 м над ур. м. снижаются прирост побегов в высоту и длина хвоинок, а также температура меристемы.

Обусловленность смены лесных зон и фенологических фаз в горах Миттельгебирге в Германии летними осадками и суммой дневных температур (> 8 °С) подтверждена Ф.К. Хартманом (Hartmann, 1972). Д.И. Назимова с соавт. (1983) показали, что периодический закон географической зональности хорошо описывает общие географические закономерности природной зональности не только на равнине, но и в горах, хотя и с некоторыми уточнениями, обусловленными спецификой горных условий.

Р.Х. Уиттекер и В.А. Ниринг (Whittaker, Niering, 1975) исследовали закономерности распределения запаса фитомассы и ее нетто-продуктивности *NPP* по высотному градиенту в горах Санта Каталина, штат Аризона. Растительные сообщества в диапазоне поясов от верхнего лесного до нижнего пустынного представлены соответственно сомкнутыми хвойными и лиственными насаждениями, рединами, кустарниковыми зарослями и травянистым покровом. В соответствии с изменением климатических показателей по высотному градиенту (рис. 3.40) установлено, что оба показателя продуктивности обусловлены как высотой местообитания над уровнем моря, так и индексом влажности. Оказалось, что как валовые показатели фитомассы (рис. 3.41), так и ее годичная нетто-продукция (рис. 3.42) более тесно связаны с индексом влажности, а не с высотой над ур. м.

Хотя в данном случае всего один климатический показатель – индекс влажности – оказался наиболее информативным для оценки биопродуктивности растительных сообществ, тем не менее Р.Х. Уиттекер и В.А. Ниринг полагают, что в зависимости от высоты местообитания над уровнем моря изменяется комплекс многих климатических и эдафических факторов. Видимо, поэтому сочетания последних в разных географических регионах дают по высотно-поясным градиентам различные, иногда прямо противоположные лесорастительные эффекты.

Если в Аризонской пустыне по мере увеличения высоты над уровнем моря (горы Санта Каталина) с 750 до 2850 м биопродуктивность растительных сообществ монотонно возрастает (см. рис. 3.41, 3.42), то в среднетаежной подзоне Северного Урала (район Денежкина Камня) при подъеме с 740 до 840 м над ур. м. высота ельников снижается с 8 до 1 м с коэффициентом

Электронный архив УГЛТУ

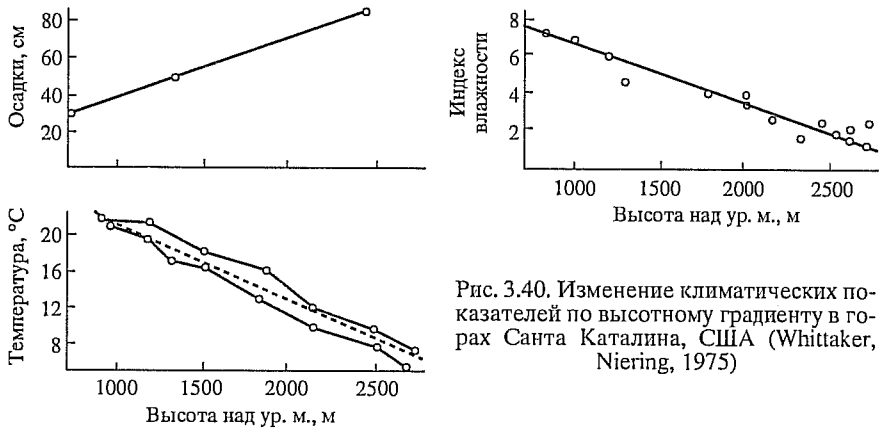


Рис. 3.40. Изменение климатических показателей по высотному градиенту в горах Санта Каталина, США (Whittaker, Niering, 1975)

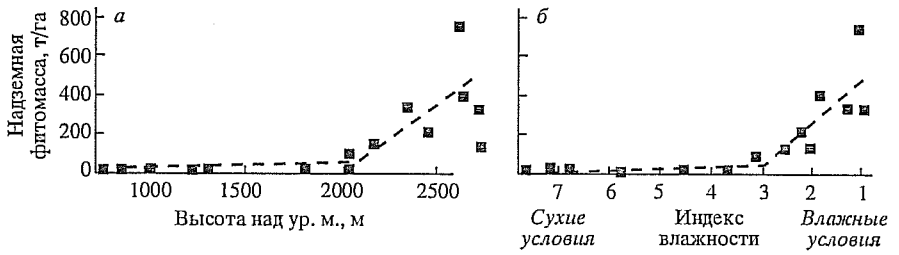


Рис. 3.41. Зависимость надземной фитомассы растительных сообществ от высоты над уровнем моря (*а*) и индекса влажности (*б*) в горах Санта Каталина, США (Whittaker, Niering, 1975)

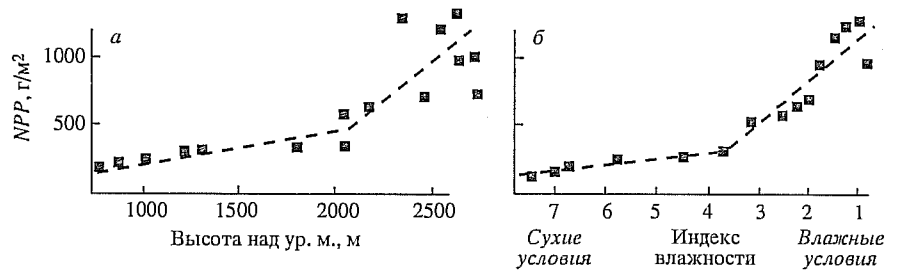


Рис. 3.42. Зависимость годичной нетто-продуктивности фитомассы растительных сообществ от высоты над уровнем моря (*а*) и индекса влажности (*б*) в горах Санта Каталина, США (Whittaker, Niering, 1975)

Электронный архив УГЛТУ

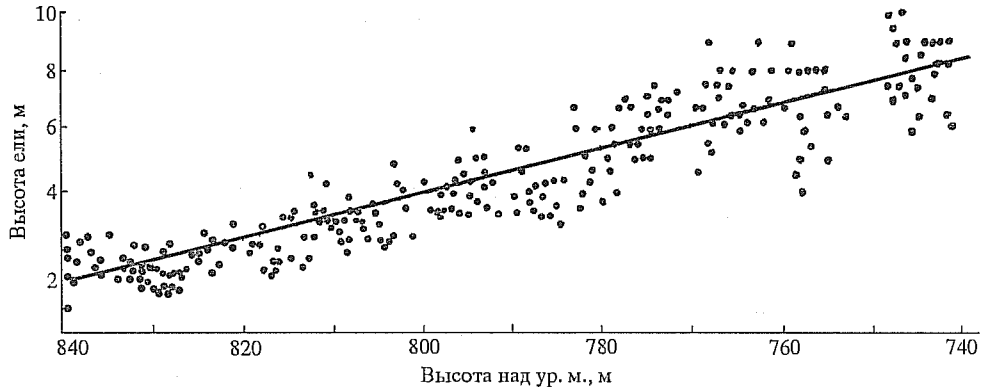


Рис. 3.43. Связь между высотой над уровнем моря и высотой ели на Еловском Урале. Профиль с вершины хребта на запад (Крылова, Лесков, 1959)

корреляции –0,8 (рис. 3.43). Та же закономерность характерна для ельников хвойно-широколиственных лесов Приморья (южный Сихотэ-Алинь), где в диапазоне от 550 до 840 м высота древостоев снижается с 32 до 22 м, средний диаметр – с 26 до 16 см, а запас – с 360 до 160 м^3/га с коэффициентом корреляции –0,96 (рис. 3.44).

Есть и третий вид закономерности, определяющий колоколообразный характер связи биопродуктивности лесных сообществ с высотой над уровнем моря (рис. 3.45) и представляющий собой сочетание двух рассмотренных выше закономерностей. Профиль продуктивности в этом случае простирается от полупустыни у подножия гор до подгольцового пояса. По мере подъема с 2100 до 2700 м надземная фитомасса возрастает с 270 т/га в дубовых до 400 т/га в тсуго-дубовых сообществах, где высота древостев тсуги достигает 40 м. При подъеме с 2700 до 3900 м тсуго-дубовые сообщества последовательно переходят в тсуго-пихтовые, которые сменяются пихтовыми, затем пихтово-рододендроновыми, можжевелово-рододендроновыми и, наконец, можжевеловыми сообществами с запасами надземной фитомассы в последних около 10 т/га (Kira, Shidei, 1967).

Аналогичная закономерность показана В.З. Гулисашвили (1976) по высотному профилю в Закавказье. Здесь нижняя граница древесной растительности проходит в виде полосы аридного редколесья, переходной между по-

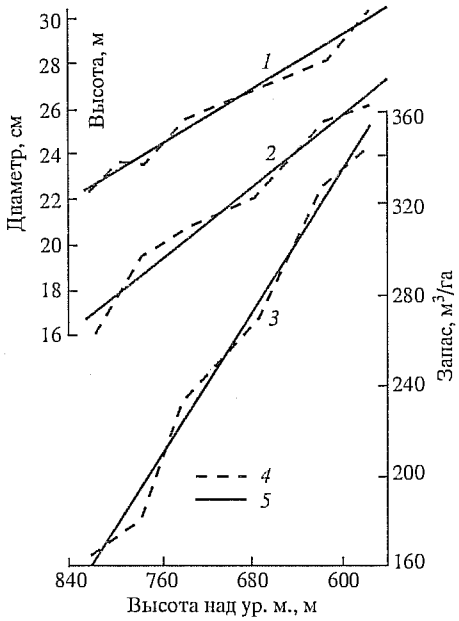


Рис. 3.44. Зависимость средних диаметров (*1*), высот (*2*) и запасов (*3*) ельников от высоты над уровнем моря; *4*, *5* – соответственно фактические и выравненные данные (Доев, 1973)

Электронный архив УГЛТУ

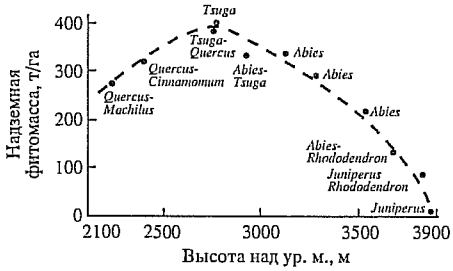


Рис. 3.45. Изменение надземной фитомассы климаксовых лесных и кустарниковых сообществ по высотному градиенту восточной части Гималаев в Непале (Kira, Shidei, 1967)

ясом дубовых лесов и полупустыней, а верхняя, альпийская, – по Главному Кавказскому хребту в условиях влажного морского климата на высоте 2000–2300 м над ур. м. (рис. 3.46). Растительность нижнего предела распространения представляют фисташка (*Pistacia mutica*), инжир (*Ficus carica*), миндаль (*Amygdalus fenzliana*), гранатник (*Punica granatum*), можжевельник (*Juniperus foetidissima*), кизильник (*Cotoneaster multiflora*), скумпия (*Cotinus coggygria*) и др., а на верхнем пределе распространены береза Литвинова (*Betula litwinowii*), сосна крючковатая (*Pinus hamata*), бук восточный (*Fagus orientalis*), осина (*Populus tremula*), рябина (*Sorbus aria*), можжевельник (*Juniperus depressa*), лавровишня (*Laurocerasus officinalis*) и др. (рис. 3.47). Неблагоприятные климатические условия (недостаток осадков на нижнем пределе и нехватка тепла – на верхнем) значительно снижают интенсивность роста и продолжительность жизни растений по сравнению с этими показателями в оптимальных условиях соответствующих ареалов, причем на альпийском пределе приросты и жизненность растений существенно ниже, чем на нижнем степном. Повсеместно встречаются суховершинные экземпляры как на нижнем (фисташка, гранатник, сумах, крушина, жасмин), так и на верхнем (береза, дуб, рябина, клен высокогорный) пределах лесной растительности.

Однако закономерности в изменении продуктивности в высотном экотоне прослеживаются не всегда. Показателен в этом отношении эксперимент, заложенный в Швейцарских Альпах, вблизи Давоса, у верхней границы леса. Старовозрастные деревья естественного происхождения встречаются здесь лишь до высоты 2180 м над ур. м. На высотной трансекте между 2080

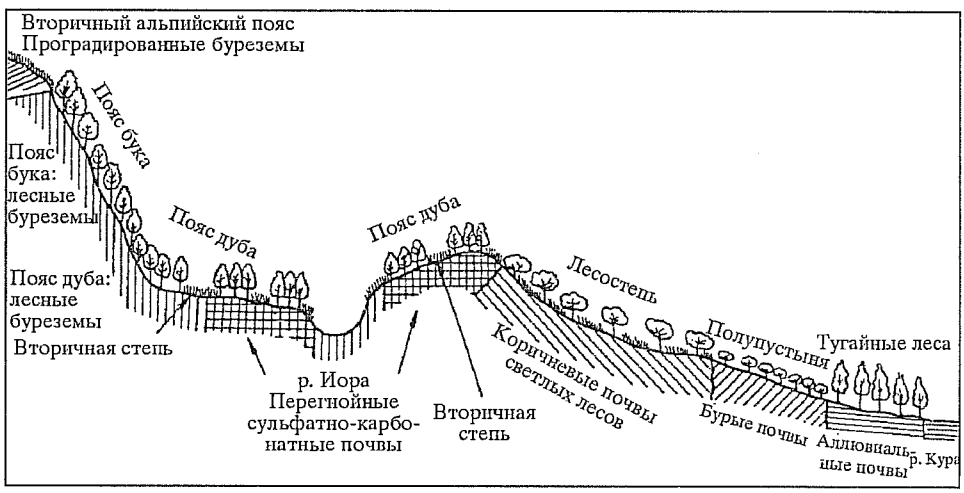


Рис. 3.46. Схема вертикальной поясности в Восточном Закавказье (Гулисашвили, 1948)

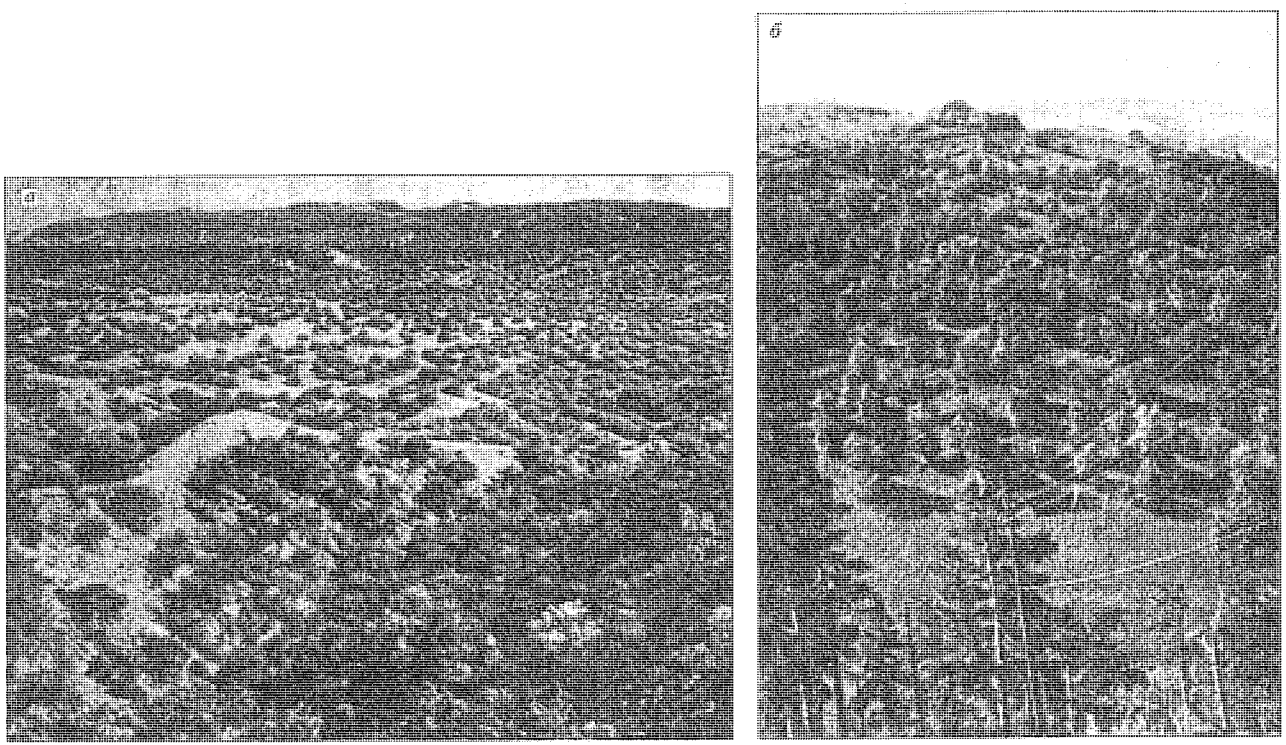


Рис. 3.47. Нижний (аридное редколесье – *а*) и верхний (субальпийское редколесье – *б*) пределы распространения древесной растительности на южном мегасклоне Большого Кавказа (Гулисашвили, 1976)

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.48. Годичное изменение температуры верхнего 10-сантиметрового слоя почвы на верхней границе леса в Швейцарских Альпах вблизи Давоса на высоте 2080–2230 м над ур. м. (Bernoulli, Körner, 1999)

и 2220 м Швейцарским институтом леса, снега и ландшафта в 1975 г. были высажены деревья кедра европейского, лиственницы европейской и сосны горной одного и того же происхождения (Bernoulli, Körner, 1999). Средняя температура верхнего 10-сантиметрового слоя почвы за вегетационный сезон составила 7,5 °С, а ее сезонное изменение с 1997 по 1998 г. показано на рис. 3.48.

В возрасте 23 лет по всей трансекте были срублены и обработаны для определения надземной и подземной фитомассы 25 модельных деревьев. Установлено, что 2/3 фитомассы деревьев сосредоточено в стволах и ветвях (рис. 3.49). На долю хвои приходится 15–16 % у кедра и сосны и 7 % – у лиственницы. Относительно небольшая доля фитомассы сосредоточена в корнях – всего 10–15 % от общей фитомассы.

Связь относительных показателей фитомассы с высотой над уровнем моря прослеживалась не во всех случаях. Отрицательная связь относительной массы корней с высотой над уровнем моря установлена лишь у сосны, а положительная связь относительной массы хвои с тем же показателем – у сосны и кедра. На нижнем пределе высотного градиента доля хвои составила 10 % , а на верхнем – около 20 % (рис. 3.50). Для сравнения: в более раннем возрасте (6 лет) на долю хвои в средней части трансекты приходилось 33 % у сосны и 47 % у кедра, а на долю корней – 22 и 20 % соответственно.

В отношении общей фитомассы деревьев в связи с высотой над уровнем моря какой-либо закономерности не установлено (рис. 3.51), поскольку влияние микроусловий роста было сильнее влияния высоты над уровнем моря. И напротив, обратная связь высоты дерева с высотой над уровнем моря оказалась достоверной во всех случаях (рис. 3.52). Возможно, это обусловлено возрастанием отношения масс ветвей и ствола по мере роста высоты, т. е. когда при одной и той же фитомассе дерева его высота снижается в направлении снизу вверх (рис. 3.53).

Отсутствие связи фитомассы деревьев с высотой над уровнем моря в данном случае может быть

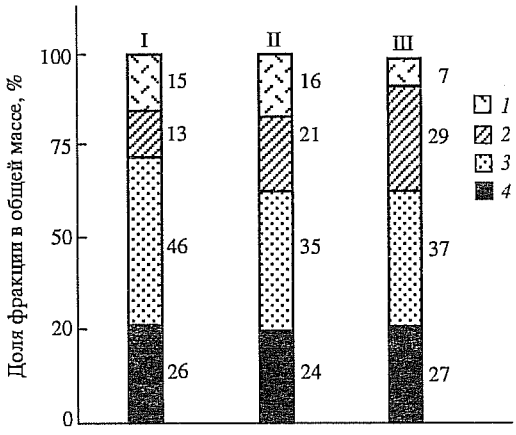


Рис. 3.49. Соотношения абсолютно сухого вещества четырех фракций фитомассы у кедра европейского (I), сосны горной (II) и лиственницы европейской (III). *1* – хвоя, *2* – ветви, *3* – ствол, *4* – корни с пнем (Bernoulli, Körner, 1999)

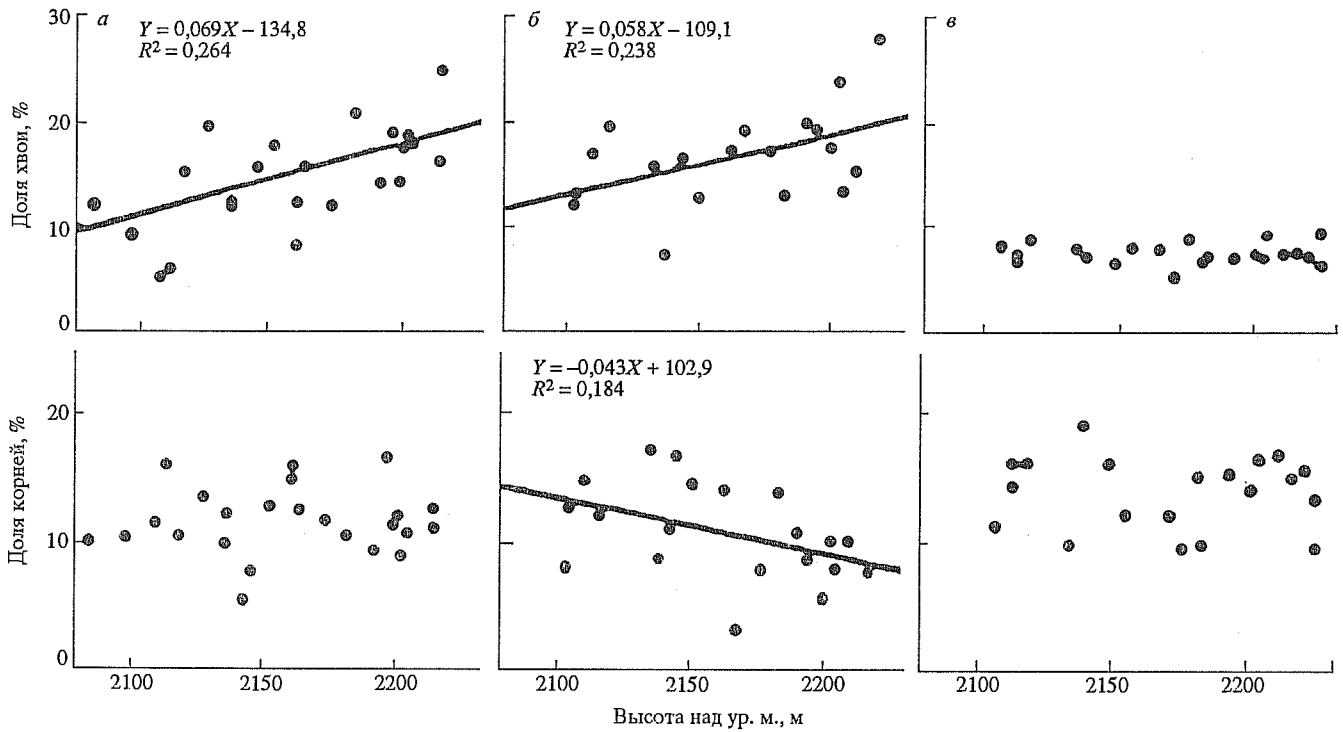


Рис. 3.50. Доля хвои и корней в общей массе деревьев кедра европейского (*а*), сосны горной (*б*) и лиственницы европейской (*в*) в зависимости от высоты над уровнем моря в пределах Альпийского экотона (Bernoulli, Körner, 1999)

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

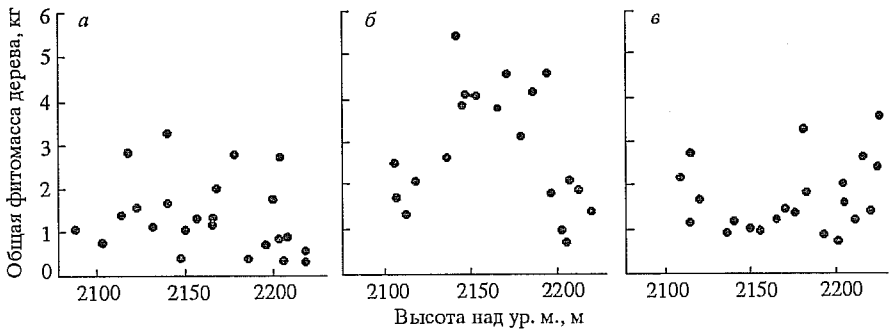


Рис. 3.51. Изменение общей фитомассы деревьев кедра европейского (*а*), сосны горной (*б*) и лиственницы европейской (*в*) в зависимости от высоты над уровнем моря в пределах Альпийского экотона (Bernoulli, Körner, 1999)

обусловлено незначительным перепадом высот – всего 100 м, причем он приходится непосредственно на экотон, где происходит модификация биоморфы в сторону снижения высоты дерева без изменения его фитомассы.

Иная закономерность получена (Nordmeyer, 1980) в горах Новой Зеландии (43° ю.ш., 172° в.д.), где верхняя граница естественных лесов поднимается до 1370 м над ур. м. На высотных уровнях 890, 1120 и 1335 м, т. е. с перепадом высот 445 м, были высажены хвойные и спустя 10 лет определена их фитомасса (рис. 3.54). Установлено закономерное снижение массы хвои и надземной фитомассы вверх по высотному градиенту, значения которой для разных пород постепенно сближаются и выравниваются на верхней границе леса у всех хвойных, за исключением лиственницы европейской. Последняя плохо адаптирована к местным условиям и имеет наименьшую фитомассу деревьев по сравнению с другими хвойными. Автор связывает общее снижение фитомассы по высотному градиенту со снижением относительного показателя *суммарная масса ствола и ветвей : проективная поверхность хвои* (т/га) у вечнозеленых хвойных с 8,8 на нижнем уровне до 4,7 – на верхнем. У лиственницы закономерность обратная: это отношение возрастает с 8,8 до 12,3 т/га.

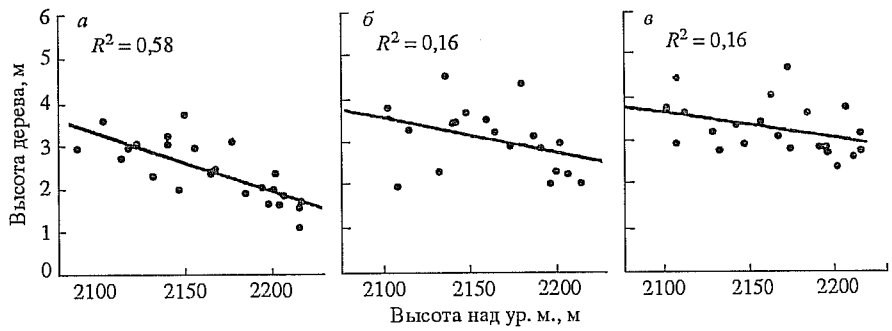


Рис. 3.52. Изменение высоты деревьев кедра европейского (*а*), сосны горной (*б*) и лиственницы европейской (*в*) в зависимости от высоты над уровнем моря в пределах Альпийского экотона (Bernoulli, Körner, 1999)

Электронный архив УГЛТУ

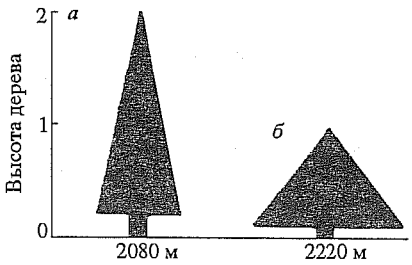


Рис. 3.53. Различие габитуса дерева одной и той же массы в нижней (*а*) и верхней (*б*) части альпийского экотона (Bernoulli, Körner, 1999)

Исследование структуры фитомассы растительного покрова тундр по 5 этапам сукцессий на северо-восточном макросклоне Конжаковского Камня на высоте 1100–1300 м над ур. м. было выполнено И.К. Булатовой (1978). О запасах фитомассы в разных типах горных тундр, относящихся к отдельным звеньям сукцессионного ряда, можно судить по данным табл. 3.6.

В ходе сукцессии запасы надземной фитомассы возрастают от 49 г/м^2 в первичных лабильных сообществах до 855 г/м^2 в кустарниково-моховой тундре; при переходе к травяно-моховой тундре они снижаются до 696 г/м^2. Запас мертвой надземной растительной массы в большинстве звеньев сукцессионного ряда остается примерно на одном уровне. Аналогичная закономерность наблюдается и в изменении подземной фитомассы в ходе сукцессии: ее запас возрастает от 238 г/м^2 в каменистой тундре до 1132 г/м^2 в кустарниково-моховой со спадом до 883 г/м^2 в травяно-моховой.

Увеличение запасов мертвой растительной массы (от 101 г/м^2 на втором этапе до 5848 г/м^2 на четвертом, с некоторым снижением (до 4908 г/м^2) на пятом) происходит за счет ее подземного компонента. Значительное возрастание запасов мертвого растительного вещества (по сравнению с живой растительной массой), вероятно, можно объяснить тем, что при переходе от каждого сукцессионного этапа к последующему увеличивается годичная продукция надземной и подземной фитомассы, в то время как скорость разложения растительного материала снижается (в связи с большим увлажнением почвы на более продвинутых стадиях сукцессий).

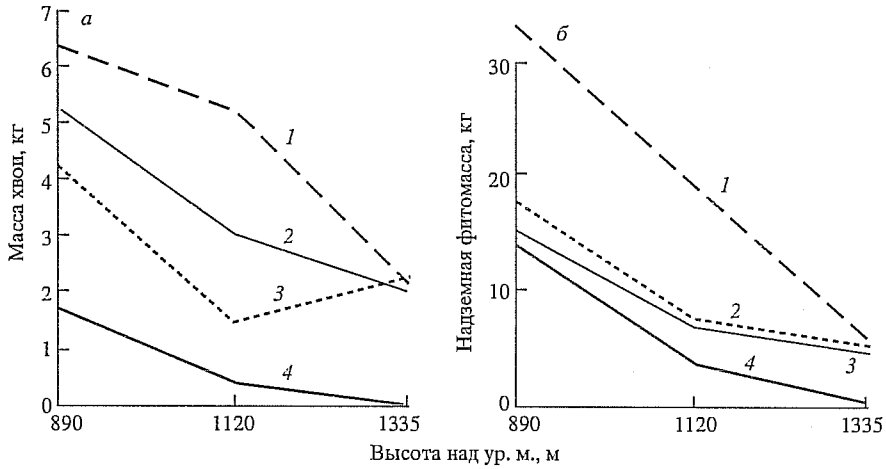


Рис. 3.54. Масса хвои (*а*) и надземная фитомасса (*б*) хвойных деревьев в возрасте 10 лет по высотному градиенту в горах Новой Зеландии (Nordmeyer, 1980).
1 – сосна скрученная, *2* – сосна горная, *3* – сосна обыкновенная, *4* – лиственница европейская

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.6

Запасы фитомассы (г/м², воздушно-сухое состояние) в горных тундрах Копжаковского Камня (Булатова, 1978)

Этап сукцессий	Тип тундры	Надземная			Подземная			Общая		
		живая	отмершая	всего	живая	отмершая	всего	живая	отмершая	всего
1	Первичные лабильные сообщества на каменной россыпи	49	29	78	–	101	101	49	130	178
2	Каменистая кустарничково-лишайниковая тундра	483	60	543	238	807	1045	721	867	1588
3	Кустарничково-моховая тундра	563	155	718	589	2289	2878	1152	2444	3596
4	Кустарниково-моховая тундра	855	114	969	1132	5848	6980	1987	5962	7949
5	Травяно-моховая тундра	696	89	785	883	4908	5791	1579	4997	6576

В целом наблюдается тенденция к увеличению запасов живой и мертвой (надземной и подземной) фитомассы от первичных мохово-лишайниковых сообществ до кустарниково-моховой тундры, которая объясняется тем, что на смену доминирующим кустарникам с длительно живущими древеснеющими, не отмирающими на зиму стеблями и корнями приходят травянистые растения с отмирающими в конце вегетационного периода надземными органами.

В первичных мохово-лишайниковых сообществах на каменистых россыпях надземная фитомасса почти равна подземной. В каменистой тундре подземная фитомасса уже вдвое превышает надземную. В дальнейших звеньях сукцессионного ряда соотношение надземной и подземной массы изменяется от 1:4 в кустарничково-моховой до 1:7,3 в травяно-моховой тундре.

Наши исследования выполнены на экотоне западного склона Тылайского Камня (см. рис. 3.9 и 3.55). Лишь здесь на верхний предел леса выходят еловые мелколесья, и граница леса относится к термическому типу. Еловые мелколесья имеют высокую сомкнутость (проективное покрытие древесного яруса в среднем равно 65 % с колебаниями от 30 до 90 %). Они формируются на склонах с достаточно развитым почвенным покровом, где ель легко вытесняет другие хвойные деревья и березу. Одиночные экземпляры ели встречаются иногда и на сильно каменистых склонах в защищенных от ветров местах. Протяженность верхней границы леса с преобладанием ели составляет 19 % от общей протяженности границы леса.

Граница леса с преобладанием ели расположена на более высоком уровне по сравнению с другими физиономическими типами. Средняя высота ее равна 935 м над ур. м., амплитуда – 315 м (от 745 до 1060 м над ур. м.). Еловые мелколесья выходят на максимальный предел леса, установленный для всего района исследований, это связано с режимом более мягкого и влажного местного климата. На восточных склонах массивов и мелких сопках, расположенных к востоку от водораздельной цепи гор, где осадков выпадает меньше, а климат более континентальный, роль ели в формировании верхней границы леса значительно меньше.

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.55. Расположение мест закладки пробных площадей в лесных насаждениях в высотном и зональном экотонах *лес–тундра* в пределах Уральского федерального округа в Тылайско-Конжаковско-Серебрянском горном массиве (1) и на экологическом профиле в низовьях р. Пур (2)

Климат района исследований холодный, избыточно влажный, с коротким и умеренно теплым летом, длительной и холодной зимой, снежный покров устанавливается с конца сентября. Среднегодовая температура воздуха 1,4 °С. Годовое количество осадков в горно-таежном поясе 500–700 мм, а в лежащих выше поясах увеличивается до 1200 мм. Относительная влажность воздуха 74 %. Скорость ветра в межгорных депрессиях в течение года колеблется от 2,4 до 4,5 м/с, увеличиваясь с высотой и достигая 8–9 м/с в гольцовой части. Преобладающие направления ветра – южное и юго-западное, а в весенне-летние месяцы – часто северное и северо-восточное. Максимальная глубина снега в межгорных депрессиях на открытых участках составляет 86 и на лесных – 103 см. В горах при подъеме на каждые 100 м мощность снежного покрова увеличивается на 17–18 см.

Исследования проводили на трех высотных уровнях (верхний, средний и нижний) в пределах полосы подъема верхней границы леса в течение последних 100 лет (рис. 3.56–3.58 на вклейке). Результаты таксации пробных площадей и определения запасов фитомассы насаждений представлены в табл. 3.7. Масса корневых систем определена по методу А.Ф. Чмыра (1984), но без отмывки тонкой фракции. Всего на трех уровнях взято 25 модельных деревьев.

Анализ таксационных показателей древостоев позволяет заключить, что на нижнем уровне (864 м над ур. м.) примерно 100 лет назад возникло смешанное елово-пихтово-березовое насаждение. Примерно в это же время пихтой было занято и более высокое положение по экотону – на среднем высотном уровне (924 м над ур. м.). Спустя 20 лет этого уровня достигла также ель, а примерно через 40 лет верхний высотный уровень (960 м над ур. м.) был занят кедром сибирским, еще через 12 лет сюда же поднялась ель.

Таблица 3.7

Фитомасса в абсолютно сухом состоянии древесного яруса по высотному градиенту Тылайского Камня

Порода	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, $м^2$/га	Число стволов, экз/га	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						
							стволов	в т. ч. коры	ветвей	хвои	надземная	корней	общая
Высотный уровень 1 (960 м над ур. м.)													
Ель	28	1,65	2,66	0,96	1725	2,94	1,33	0,11	0,96	0,68	2,97	1,20	4,17
Кедр	40	1,09	2,12	0,05	142	0,17	0,066	0,013	0,023	0,011	0,10	0,09	0,19
Итого	30	1,62	2,62	1,01	1867	3,11	1,40	0,12	0,98	0,69	3,07	1,29	4,36
Высотный уровень 2 (924 м над ур. м.)													
Ель	79	2,94	6,94	3,85	1017	18,9	8,53	0,41	2,11	1,37	12,01	4,08	16,1
Пихта	102	2,02	3,38	0,36	400	2,02	0,80	0,039	0,20	0,13	1,13	0,38	1,5
Береза	40	5,62	12,7	0,32	25	1,29	0,62	0,038	0,25	0,03	0,91	0,34	1,2
Итого	80	3,13	6,32	4,53	1442	22,2	9,95	0,49	2,56	1,53	14,05	4,80	18,8
Высотный уровень 3 (864 м над ур. м.)													
Ель	99	5,56	14,8	10,4	608	37,6	17,0	1,03	10,5	5,39	32,9	6,00	38,9
Пихта	101	2,60	3,03	0,18	250	0,73	0,29	0,018	0,18	0,09	0,56	0,10	0,66
Береза	97	6,34	13,2	8,67	634	35,2	16,9	1,02	6,83	0,90	24,6	9,36	34,0
Итого	100	5,88	12,8	19,25	1492	73,5	34,2	2,07	17,5	6,38	58,1	15,5	73,6

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

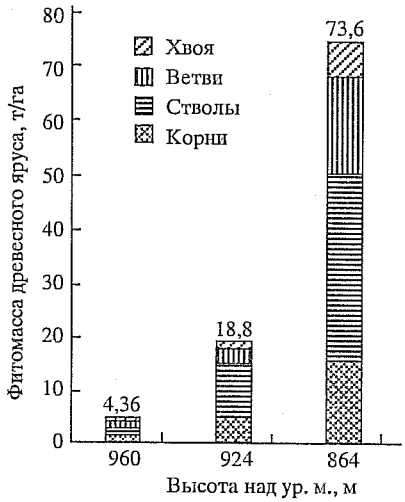


Рис. 3.59. Структура фитомассы древесного яруса в абсолютно сухом состоянии по высотному градиенту Тылайского Камня

Таким образом, вследствие постепенного смещения верхней границы леса средний возраст ельников снижается примерно со 100 лет на нижнем высотном уровне до 28 лет – на верхнем (см. табл. 3.7). В качестве пионера при подъеме верхней границы леса в разные периоды времени выступали разные древесные виды.

Изменение фракционного состава фитомассы по высотному профилю показано на рис. 3.59. Фактические данные о свежей и абсолютно сухой фитомассе деревьев на высотном профиле приведены в Приложении 5.

Выявлено закономерное снижение надземной и общей фитомассы ели вверх по высотному градиенту в 11 и 9 раз соответственно, а с учетом остальных древесных видов – соответственно в 19 и 17 раз.

Если принять равновесные потоки углерода в отпаде фитомассы и ее разложении, т. е. допустить, что отпад и гетеротрофное дыхание взаимно уравновешены (Швиденко и др., 2001), то среднее изменение фитомассы на каждом из высотных уровней можно представить как чистую экосистемную продукцию *NEP* (т/га в год) за период, равный соответствующему возрасту деревьев на том или ином высотном уровне. Расчет *NEP* по высотным уровням (табл. 3.8) показал, что ее величина постепенно снижается от 0,75 до 0,15 т/га

Таблица 3.8

Изменение чистой экосистемной продукции *NEP* по высотному градиенту на экотоне *лес–тундра* Тылайского Камня

Древесная порода	Возраст, лет	Общая (надземная и подземная) фитомасса, т/га	Чистая экосистемная продукция, т/га в год
Высотный уровень 1 (960 м над ур. м.)			
Ель	28	4,17	0,149
Кедр	40	0,19	0,005
Итого	30	4,36	0,154
Высотный уровень 2 (924 м над ур. м.)			
Ель	79	16,1	0,204
Пихта	102	1,5	0,015
Береза	40	1,2	0,030
Итого	80	18,8	0,249
Высотный уровень 3 (864 м над ур. м.)			
Ель	99	38,9	0,393
Пихта	101	0,66	0,007
Береза	97	34,0	0,351
Итого	100	73,6	0,751

Электронный архив УГЛТУ

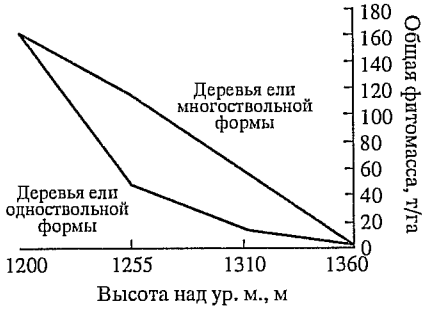


Рис. 3.60. Изменение общей (надземной и подземной) фитомассы в абсолютно сухом состоянии по высотному градиенту горы Малый Иремель (Рахманов и др., 2006)

в год вверх по высотному профилю в полосе подъема верхней границы леса.

Установлено закономерное возрастание относительных показателей фитомассы корней ели вверх по профилю. Для отношения *корни/надземная масса* они составляют по уровням (снизу вверх) для ели соответственно 0,18; 0,34 и 0,40, для отношения *корни/ствол* – соответственно 0,35; 0,48 и 0,90. У кедра на верхнем уровне эти величины равны 0,90 и 1,36, а у березы на нижнем уровне – 0,38 и 0,55 соответственно.

Аналогичные исследования структуры фитомассы насаждений выполнены в пределах горного массива Иремель (54°30' с.ш., 59° в.д., 1582 м над ур. м.). Изучались древостои ели сибирской на высотном экотоне юго-западного склона горы Малый Иремель (Рахманов и др., 2006). На четырех высотных уровнях соответственно 1200, 1255, 1310 и 1360 м заложены пробные площади и по данным 62 модельных деревьев определены по полному фракционному составу надземная фитомасса и масса корней. Если нижний уровень представлен одноствольными деревьями, то на последующих уровнях доминируют деревья многоствольной формы, доля фитомассы которых в общей составляет на высотных уровнях 1255, 1310 и 1360 м соответственно 58, 75 и 82 %. Общая фитомасса ельников снижается вверх по профилю в среднем на 25–30 т/га через каждые 25 м высоты (рис. 3.60). В том же направлении снижается высота деревьев, и в результате деревья одного и того же диаметра на нижних уровнях имеют бóльшую фитомассу, чем на верхних. Отношения надземной фитомассы к подземной, массы хвои к массе ветвей и массы стволов к массе крон оказались выше на нижних уровнях у одноствольных форм, а на верхних уровнях – у многоствольных.

По этой же методике изучена структура фитомассы в лесотундре Средней Сибири по высотному профилю плато Путорана (70°30' с.ш., 92°50' в.д., 1701 м над ур. м.). Трансекта длиной 1100 м охватывает основные типы растительности экотона от сомкнутого лиственничника на высоте 170 м в долине реки до альпийской тундры на высоте 390 м (Kirdyanov et al., 2006). Вверх по склону в напочвенном покрове возрастает биоразнообразие тундровых видов и снижается – бореальных. В том же направлении надземная фитомасса уменьшается с 40,6 т/га в сомкнутом лиственничнике до 8,6 т/га на верхней границе леса, а соотношение фитомасс древостоя, кустарников и напочвенного покрова изменяется соответственно от 83, 5, 12 % до 10, 8, 82 % в общей фитомассе. Отмечено увеличение естественного возобновления и густоты лиственницы на ее верхнем пределе в течение последнего 100-летия.

3.2.3. ЭКОТОНЫ *ЛЕС–СТЕПЬ*

При описании взаимодействий растительных сообществ в бореальном экотоне показано (Варлыгин, Базилевич, 1992; Коломыц и др., 1993), что здесь происходит смена ролей тепла и влаги как фоновых лимитирующих

Электронный архив УГЛТУ

факторов биологической продуктивности: биопродуктивность в таежном поясе увеличивается за счет роста теплообеспеченности, а в степном – при возрастании обеспеченности влагой. В таежном поясе рост увлажнения ведет к снижению биопродуктивности, а в степном – напротив, к ее увеличению. В итоге в бореальном экотоне Русской равнины достигается наиболее высокое для умеренного пояса значение биопродуктивности при годовом радиационном балансе 40 ккал/см^2 и индексе сухости около единицы (Базилевич и др., 1986).

Изучая биопродуктивность сосняков Окско-Мокшинского песчаного полесья на экотоне второго порядка, т. е. между подтайгой на севере и широколиственными лесами на юге, Э.Г. Коломыц с соавт. (1993) выявили здесь феномен раздвоения ландшафтно-экологического оптимума: биопродуктивность в условиях плакорного микрорельефа соответствует фоновому показателю южной тайги, а в условиях «неплакорного» микрорельефа близка к фоновой для широколиственных лесов. Недостаток фоновой атмосферной влагообеспеченности компенсируется, таким образом, избытком почвенно-грунтовой влаги в определенных локальных местообитаниях. Анализ «цепных реакций», т. е. влияния эдафических и топологических факторов на структурно-функциональную организацию хвойных лесов, показал, что одно и то же фоновое воздействие (например, изменение климата) вызывает неоднозначный локальный отклик: одни экосистемы приближаются к экологическому оптимуму, а другие удаляются от него.

Наше исследование биологической продуктивности выполнено в пределах бореального экотона в Урало-Тургайско-Западносибирском регионе в культурах и естественных насаждениях на лесопокрытых площадях в трех лесорастительных таксонах пяти административных областей (рис. 3.61, 3.62): Свердловской (Сухоложский и Билимбаевский лесхозы, подзона южной тайги), Челябинской (Катав-Ивановский лесхоз, подзона горной южной тайги), Оренбургской (Оренбургский лесхоз, сухая степь), Кустанайской в Северном Казахстане (Семиозерный лесхоз, сухая степь) и Омской (Саргатский лесхоз, лесостепь). Для фитомассы сосны по Катав-Ивановскому лесхозу взяты опубликованные материалы (Аткина, Петелина, 2002).

Основное внимание уделено лесным культурам, по крайней мере, по двум причинам. Во-первых, биологическая продуктивность лесных культур изучена в целом по стране намного хуже, чем естественных насаждений. Поэтому получение фактических данных по культурам дает возможность заполнить многочисленные «белые пятна» и сопоставить эти данные с аналогичными материалами для естественных насаждений. Во-вторых, лесные культуры, особенно молодые, связывают атмосферный углерод более интенсивно в сравнении с естественными насаждениями. Около 80 % атмосферного углерода, депонируемого в тропиках лесными культурами, приходится на первые два класса возраста (Brown et al.,1986). Однако в бореальном экотоне углерододепонирующие возможности лесных культур изучены слабо, а для Уральского региона имеются лишь единичные определения.

Лесокультурное производство России, начавшись в 1738 г. закладкой знаменитой Линдуловской рощи «лесным знателем» Фердинандом Габриелем Фокелем на площади 5 га, сегодня достигло по Рослесхозу ежегодного объема лесовосстановительных работ на площади около 800 тыс. га, из которых 41 и 39 % представлены культурами ели и сосны соответственно (Ле-

Электронный архив УГЛТУ

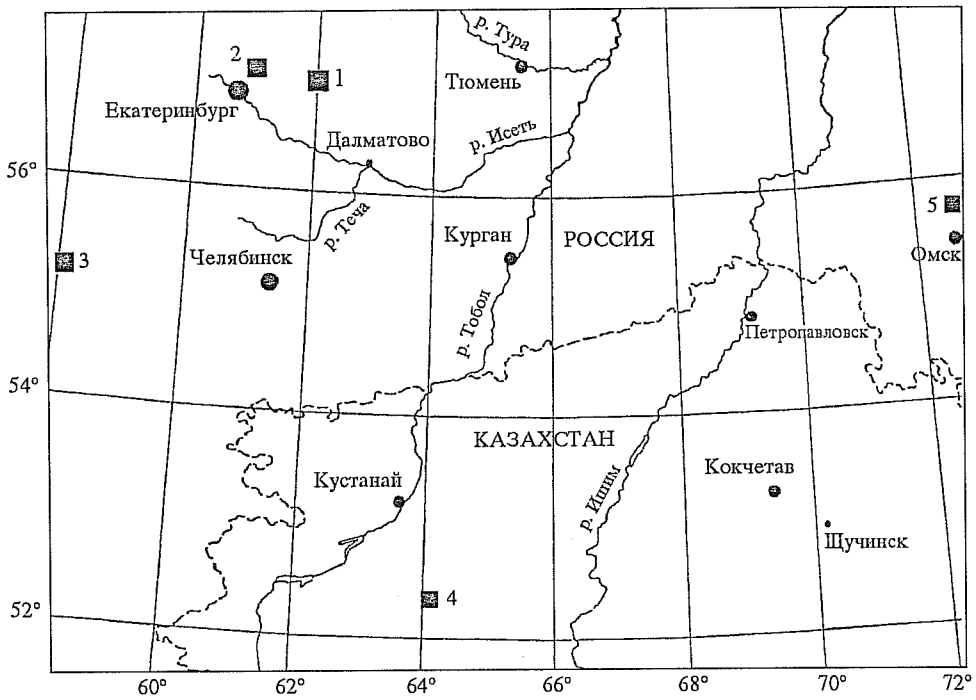


Рис. 3.61. География экспериментальных данных о биологической продуктивности сосны в Урало-Тургайско-Западносибирском регионе.

1, 2 – Сухоложский и Билимбаевский лесхозы Свердловской области; *3* – Катав-Ивановский лесхоз Челябинской области; *4* – Семиозерный лесхоз Кустанайской области; *5* – Саргатский лесхоз Омской области

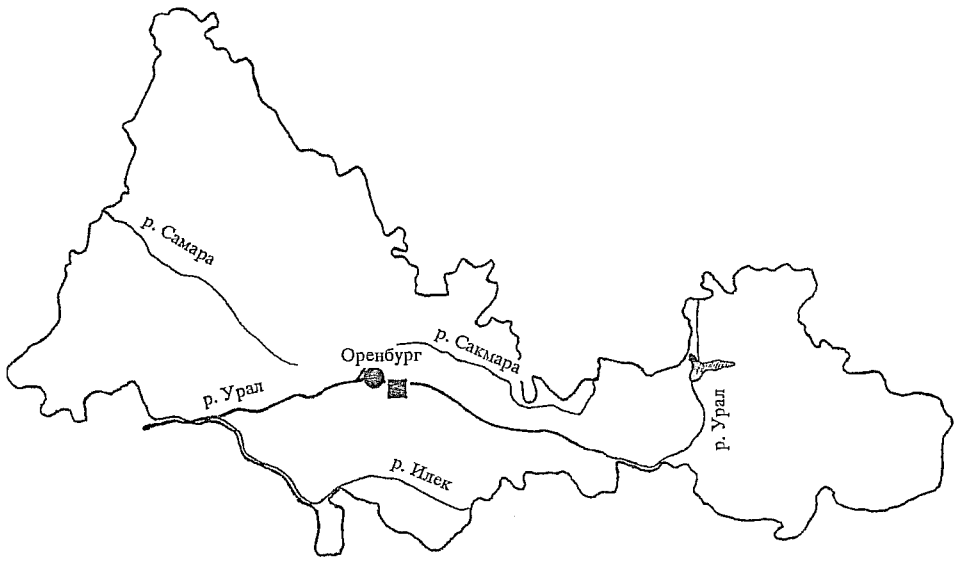


Рис. 3.62. Место закладки пробных площадей в пойме р. Урала в Оренбургском лесхозе

Электронный архив УГЛТУ

са России, 2006). На эти породы приходится и основной материал по биопродуктивности культур, а для таких пород, как ясень зеленый, тополь черный, вяз мелколистный, занимающих на юге страны значительную долю в занятых культурами площадях, какие-либо данные отсутствуют.

3.2.3.1. Краткая характеристика районов и объектов исследования

Сухоложский лесхоз расположен в 120 км к востоку от г. Екатеринбурга (57° с.ш., 62° в.д.). Его территория относится к сосново-березовому предлесостепному округу Зауральской равнинной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области (Колесников и др., 1974). Средняя температура +0,30 °С, абсолютный максимум +37 °С, абсолютный минимум –46 °С. Годовое количество осадков 510 мм. Длительность вегетационного периода 109 дней. В общей покрытой лесом площади 86,5 тыс. га по учету 2000 г. на долю сосны приходится 48 %, т. е. больше, чем в среднем по Свердловской области (37 %), но меньше, чем в этом же лесхозе по учету 1970 г. – 54 % (Суставова, 2003).

Изучаемый район (Винокурское лесничество) находится в зоне воздействия крупнейшей в стране Рефтинской ТЭЦ, работающей на многозольных экибастузских углях. Содержащиеся в зольных выбросах микроэлементы и раскисление почв привели к повышению почвенного плодородия, в результате чего класс бонитета сосновых древостоев повысился с II,3 в 1970 г. до I,8 в 2000 г. Если в 1970 г. на долю сосняков Ia–I классов бонитета приходилось 18 % общей площади под сосной, то в 2000 г. – уже 44 %. Интенсивно идет процесс задернения почв. Преобладающим стал разнотравный тип леса, доля которого в общей площади повысилась за упомянутый период с 37 до 55 % (Терин, 2004). Лесные культуры занимают площадь около 10 тыс. га, из них 90 % приходится на сосну. Лесистость территории 45 %. Средняя полнота сосняков 0,74, средний возраст 68 лет.

Билимбаевский лесхоз расположен на территории Первоуральского района Свердловской области на расстоянии 50 км от г. Екатеринбурга (57° с.ш., 61° в.д.). Лесопокрытая площадь представлена горными лесами. По лесорастительному районированию (Колесников и др., 1974) территория лесхоза отнесена к подзоне южнотаежных лесов, приурочена к Среднеуральской горной провинции, однако ее западная часть входит в пределы Предуральской горной провинции. Климат континентальный, средняя годовая температура +0,3 °С, абсолютный максимум +37 °С, абсолютный минимум –46 °С, количество годовых осадков 513 мм. Продолжительность вегетационного периода 109 дней. Высота над уровнем моря 330 м. Распространены темно-серые среднеоподзоленные, серые лесные, горно-лесные бурые, дерново-луговые глеевые и торфяно-болотные почвы. На территории лесхоза преобладают коренные формации темнохвойных и темнохвойно-сосновых лесов. Сосна занимает 32 % лесопокрытой площади. Средний класс бонитета II, средняя полнота 0,7, средний возраст 67 лет.

Катав-Ивановский лесхоз находится в 300 км к западу от г. Челябинска, на западном склоне Южного Урала в поясе небольших сглаженных хребтов (55° с.ш., 58° в.д.) и входит в горно-таежный лесохозяйственный район (Колесников и др., 1974). Для его территории характерна вертикальная поясность с преобладанием в наиболее низком поясе (до 900–1000 м) сосновых, елово-пихтовых и лиственных лесов с разнообразным видовым составом

Электронный архив УГЛТУ

растительного покрова. Основная территория расположена в средней части склона Уральских гор. Климат континентальный, средняя годовая температура +1,1 °С, абсолютный максимум +36 °С, абсолютный минимум –48 °С, среднегодовая сумма осадков 571 мм. Продолжительность вегетационного периода составляет 160 дней. Основной процесс почвообразования подзолистый, однако во многих местах идет образование почв из остатков разнообразного травяного покрова. Общая площадь лесного фонда лесхоза – 158 тыс. га, в том числе покрытая лесом – 144,5 тыс. га и площадь под лесными культурами – 5,6 тыс. га. Преобладающая порода – сосна обыкновенная, занимающая площадь 34,2 тыс. га, или 24 %. На сосновые молодняки приходится 8,4 тыс. га, или около четверти всей площади сосняков. Распространенные классы возраста сосны – IV и V. Средний класс бонитета сосны – II, средняя полнота 0,7, средний возраст 72 года. Преобладают вейниково-разнотравный и ягодниковый типы леса.

Оренбургский лесхоз расположен на территории Оренбургского района Оренбургской области (51°40' с.ш., 55° в.д.) в подзоне сухой степи. Климат континентальный, средняя годовая температура +2,6 °С, абсолютный максимум +41 °С и абсолютный минимум –47 °С. Среднегодовая сумма осадков 300 мм, в том числе за вегетационный период 154 мм. Количество засушливых дней – 75. Продолжительность безморозного периода составляет 135 дней. В северной части лесхоза в направлении с востока на запад протекает р. Урал, в пойме которой сосредоточена основная часть лесопокрытых площадей лесхоза. Из твердолиственных пород преобладают ясень зеленый и дуб черешчатый (низкоствольный), из мягколиственных – тополь черный, из хвойных – сосна обыкновенная в культурах. Наши исследования выполнены в Павловском лесничестве Оренбургского лесхоза совместно с сотрудниками Оренбургского агроуниверситета (Колтунова и др., 2006).

Семиозерный лесхоз расположен в Аман-Карагайском бору (52°20' с.ш., 64° в.д.), занимающем площадь 80,9 тыс. га (Грибанов и др., 1970). Он относится к провинции Тоболо-Убаганской равнинной степи степной зоны Казахстана (Казахстан, 1969), которая граничит с Зауральским плато на западе, Тургайским плато на юге, левобережьем Ишима на востоке и колочной лесостепной равниной на севере. Аман-Карагайский бор находится в пределах эрозионно-тектонического Тургайского прогиба. Его плоское днище шириной 80–100 км (Гвоздецкий, Николаев, 1971) образуют слоистые аллювиальные и аллювиально-озерные отложения, представленные карбонатными глинами и прослоями песков мощностью до 20 м.

Основная порода – сосна обыкновенная – произрастает в широком диапазоне почвенно-гидрологических условий. Из лиственных пород встречаются береза повислая и осина. Под естественными сосновыми древостоями бора обычны неполнопрофильные, слаборазвитые и многоярусные дерново-боровые почвы. Механический состав этих почв рыхло- и связнопесчаный с высоким содержанием фракции мелкозернистого песка (Маланьин, 1979).

На обширных безлесных остепненных пространствах распространены зональные темно-каштановые почвы. При благоприятных погодных условиях происходит экспансия сосны с дерново-боровых на темно-каштановые почвы. Вследствие развитого гумусового горизонта и наличия карбонатных прослоев в подстилающих глинах и суглинках преобладает корневая конкуренция, и такие сосняки легко идентифицируются по их морфоструктуре (рис. 3.63). Уро-

Электронный архив УГЛТУ

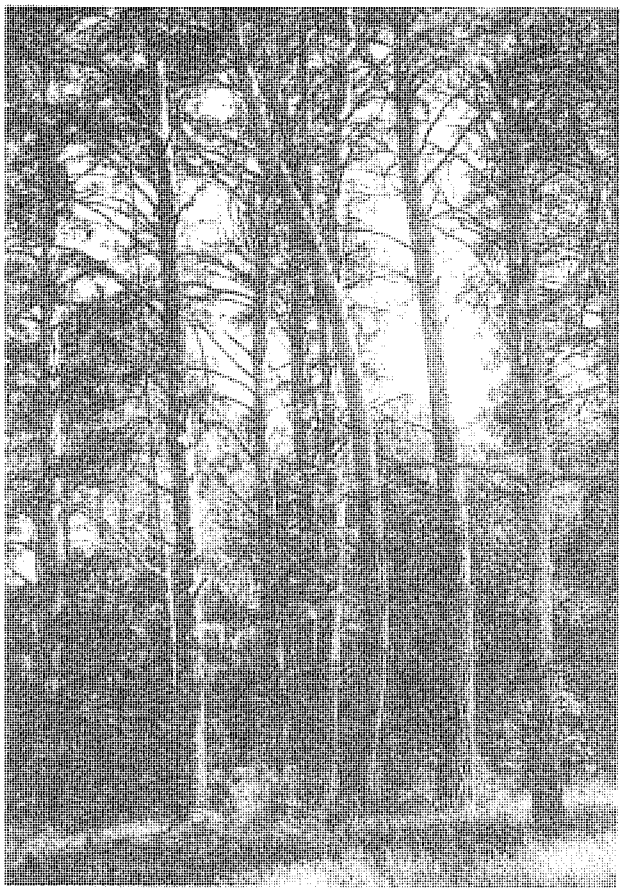


Рис. 3.63. Морфоструктура сосняка на темно-каштановой почве, возникшего в результате самосева на прилегающем к бору степном пространстве. Фото *А.Г. Гаеля* (1958 г.)

вень залегания грунтовых вод иногда опускается до 7–9 м, что значительно осложняет выращивание на них устойчивых искусственных насаждений. Установлено (Прохоров и др., 1985), что в условиях Аман-Карагайского бора на 60 % лесокультурного фонда посадки сосны успешно растут только до возраста дифференциации, а затем к 17–25 годам полностью усыхают. Гибель либо успешный рост сосны зависят от почвенно-гидрологических условий, определяемых сочетанием механического состава почвогрунтов и уровнем расположения грунтовых вод.

Годовое количество осадков – 242 мм, влажность воздуха в летний период снижается до 25–30 %. Климат района резко континентальный. Среднемесячная температура июля составляет 20,1 °С, а января –18,1 °С. Годовая амплитуда абсолютных температур воздуха равна 89 °С, среднегодовая температура 1,6 °С. Теплый период со средней суточной температурой выше 0 длится 199 дней, достигая суммы положительных температур 2800 °С (Агроклиматический справочник..., 1969).

В целом лесорастительные условия для сосны Аман-Карагайского бора очень жесткие. Небольшое количество выпадающих атмосферных осадков в сочетании с высокими температурами воздуха в течение всего вегетационного периода и периодически повторяющимися засухами обусловливают повышенный расход почвенной влаги на испарение и транспирацию (Грибанов, 1960). Довольно глубокое залегание грунтовых вод и небольшая зона капиллярного поднятия создают неблагоприятные условия для произрастания древесной растительности.

Саргатский лесхоз расположен на левобережье Иртыша в 110 км к северу от г. Омска (55°30' с.ш., 73°30' в.д.). Территория лесхоза входит в Ишимо-Тюменский сосново-березовый лесостепной округ зоны остепненных лесов (Крылов, 1959). Средняя температура +0,28 °С, абсолютный максимум +38 °С, абсолютный минимум –40 °С. Годовое количество осадков 400 мм.

Электронный архив УГЛТУ

Длительность вегетационного периода 160 дней. Несмотря на наличие неблагоприятных климатических факторов, климат района в целом благоприятен для лесной растительности (лесистость 15,3 %). Основные лесообразующие породы – береза и осина, занимающие соответственно 57 и 14 % площади лесных земель.

Рельеф равнинный, с незначительным превышением над уровнем моря (100–120 м) и постепенным уклоном к р. Иртышу. На фоне равнинной поверхности выделяются плоские малодренированные междуречья и долины рек. Монотонность равнинных междуречий нарушается блюдцеобразными западинами, болотными понижениями, озерными котловинами, гривными повышениями, всхолмлениями и т. п.

По гривам распространены серые лесные почвы, по западинам – солоди и солонцы, занимающие соответственно 60, 34 и 6 % лесных земель. Сосна представлена лишь культурами, которыми занято 29 % площади лесных земель, средний класс бонитета культур – II, полнота – 0,7. Наиболее распространенный возраст культур – 20–30 лет, но имеются 60-летние посадки в хорошем состоянии. Существует мнение, что засоление почвы несовместимо с требованиями сосны, однако многолетние исследования И.А. Фрейберг (1993) в Зауралье показали, что угнетающее действие легкорастворимых солей на сосну связано с высоким залеганием засоленного горизонта, изменением типа засоления от сульфатного к хлоридному и увеличением степени засоления от слабой до средней и сильной. На магниевых солонцах высота культур сосны в 10 лет может достигать 2,2 м, на натриево-магниевых – 2,0 м. Сосна удовлетворительно растет при содержании в корнеобитаемой толще почвы токсичных ионов HCO_3 (0,065 %), Cl (0,02 %) и SO_4 (0,18 %).

Приведем таксационную характеристику объектов исследования.

Нами был спланирован пассивный эксперимент, в соответствии с которым в трех рассмотренных выше лесорастительных таксонах заложены серии пробных площадей в естественных сосняках и культурах по возрастному, эдафическому и густотному градиентам (табл. 3.9–3.14). На каждой

Таблица 3.9

Таксационные показатели культур сосны по возрастному градиенту для разнотравного типа леса Сухоложского и Билимбаевского лесхозов Свердловской области (южная тайга) (Усольцев и др., 2005а)

№ пр. пл.	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, тыс. экз/га	Площадь сечений, $м^2$/га	Запас, $м^3$/га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м				
Сухоложский лесхоз								
1	10С	15	7,2	5,55	2,592	10,7	34,8	I
2	10С	18	7,4	7,71	6,045	26,3	107	I
3	10С	26	10,0	8,60	3,396	26,5	166	II
4	9С1Б	29	12,1	12,2	2,733	31,6	207	I
5	10С	32	12,5	16,6	3,944	48,4	452	Ia
Билимбаевский лесхоз								
1	10СедБ	25	7,4	9,1	4,766	20,5	105	II
2*	10СедБ	28	10,0	11,0	4,673	36,7	199	II
3*	10СедБ	37	12,3	14,3	3,400	40,4	288	II
4	10СедБ	37	16,4	16,7	1,643	34,7	290	I

* Сосняк ягодниковый.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.10

Таксационные показатели культур и естественных насаждений сосны по возрастному градиенту для ягодникового типа леса Катав-Ивановского лесхоза Челябинской области (горная южная тайга) (Аткина, Петелина, 2002)

№ пр. пл.	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, тыс. экз/га	Площадь сечений, $м^2$/га	Запас, $м^3$/га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м				
Культуры сосны								
1к	10С	10	3,3	2,5	2,260	1,93	6,3	II
2к	10С	15	4,5	3,8	3,100	4,93	9,1	II
3к	10С	20	7,3	13,6	1,415	5,92	30,9	III
4к	10С	30	12,6	15,2	1,524	19,0	87,1	II
5к	10С	40	15,7	17,6	1,040	20,1	202,5	II
Естественные сосняки								
1е	10С	10	3,2	1,8	9,750	7,84	10,5	III
2е	10С	15	7,7	5,7	2,345	10,9	76,6	II
3е	10С	20	7,4	8,6	3,100	13,3	89,2	II
4е	10С	30	14,3	16,3	1,024	16,5	127,6	II
5е	10С	40	14,4	17,8	0,792	12,9	109,3	III

Таблица 3.11

Таксационные показатели культур по данным перечетов на пробных площадях Оренбургского лесхоза в пойме р. Урал (сухая степь)

№ пр. пл.	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, экз/га	Площадь сечений, $м^2$/га	Запас, $м^3$/га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м				
Ясень зеленый								
1	10Яс	14	3,55	5,8	4932	4,9	18	I
2	10Яс	35	5,9	8,4	6065	16,6	98	III
Тополь черный								
3	10Тч	10	4,4	6,0	2027	3,1	13	Iа
4	10Тч	23	13,1	14,2	988	13,4	86	Iб
Сосна обыкновенная (рис. 3.64 на вклейке)								
5	10С	33	16,1	12,8	1433	29,3	224	I
6	10С	34	17,2	14,3	1386	32,2	188	I

пробной площади отобрано 9–10 модельных деревьев по ступеням толщины. Основные положения методики определения биологической продуктивности изложены в главах 1 и 2.

Фактические значения надземной фитомассы и первичной продукции в культурах и естественных сосняках по возрастному, эдафическому и густотному градиентам рассчитаны регрессионным (аллометрическим) методом по полному фракционному составу (табл. 3.15–3.20).

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.12

Таксационные показатели культур сосны по возрастному, эдафическому и густотному градиентам по данным перечетов на пробных площадях Семиозерного лесхоза (сухая степь)

№ пр. пл.	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, тыс. экз/га	Площадь сечений, м²/га	Запас, м³/га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м				
Возрастной ряд для I класса бонитета, влажный бор								
1	10С	10	3,3	4,0	18,87	16,1	52,3	I
2	10С	19	9,0	9,5	7,000	44,5	234	Ia
3	10С	23	11,0	10,2	3,830	36,4	203	I
4	10С	26	8,8	9,9	6,080	37,0	195	I
Возрастной ряд для II класса бонитета, свежий бор								
5	10С	9	2,5	2,6	11,53	5,7	16,7	II
6	10С	13	4,4	4,3	9,200	14,0	43,3	II
7	10С	19	7,9	6,1	4,450	21,8	89,7	II
8	10С	22	7,4	8,1	4,860	20,9	125	II
9	10С	50	16,0	16,4	1,810	36,4	274	II
Возрастной ряд для III класса бонитета, сухой бор								
10	10С	11	3,0	2,8	10,46	7,4	43,3	III
11	10С	14	3,8	3,3	9,730	11,0	33,0	III
12	10С	15	4,1	3,7	8,440	10,9	51,7	III
13	10С	25	7,0	7,5	8,640	33,3	177	III
Эдафический ряд для возраста 22 года								
14	10С	24	10,5	11,4	5,340	46,2	299	Ia
15	10С	22	10,8	9,3	3,850	35,3	191	I
16	10С	20	7,0	7,0	6,330	24,4	100	II
17	10С	21	7,7	5,5	3,240	15,1	55,2	III
18	10С	21	6,1	4,8	5,180	15,1	48,1	IV
Густотный ряд для возраста 22 года, I класс бонитета								
19	10С	22	12,0	10,2	2,610	29,5	108	I
20	10С	22	9,6	9,2	4,240	30,7	170	I
21	10С	22	9,4	9,3	5,210	36,2	178	I

Таблица 3.13

Таксационные показатели естественных сосняков по возрастному, эдафическому и густотному градиентам по данным перечетов на пробных площадях Семиозерного лесхоза (сухая степь)

№ пр. пл.	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, тыс. экз/га	Площадь сечений, м²/га	Запас, м³/га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м				
Возрастной ряд II–III классов бонитета, свежий бор								
22	10С	21	7,0	6,6	6,050	23,3	114	II
23	10С	32	5,1	7,6	19,910	40,7	196	III
24	10С	40	8,3	12,8	9,621	52,0	376	II
25	10С	110	22,0	21,4	1,350	51,3	427	III

Электронный архив УГЛТУ

Окончание табл. 3.13

№ пр. пл.	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, тыс. экз/га	Площадь сечений, м²/га	Запас, м³/га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м				
Эдафический ряд для возраста 40 лет								
26	10С	40	17,0	17,8	2,271	51,5	432	Ia
27	10С	40	15,2	14,7	2,049	37,2	268	I
28	10С	40	12,6	13,8	3,197	39,9	248	II
29	10С	42	5,2	8,8	19,140	40,6	252	IV
30	10С	42	2,5	4,9	56,330	27,6	120	Va
Густотный ряд для возраста 20 лет, IV класс бонитета								
31	10С	20	3,3	3,3	12,290	10,5	31	IV
32	10С	20	3,6	4,3	19,760	20,1	68	IV
33	10С	20	3,0	2,8	44,430	31,4	126	IV

Таблица 3.14

Таксационные показатели культур сосны по возрастному и эдафическому градиентам на черноземах выщелоченных и осолоделых (лесостепь) по данным перечетов на пробных площадях Саргатского лесхоза Омской области (рис. 3.65–3.73 на вклейке)

№ пр. пл.	Состав	Возраст, лет	Средние		Густота, тыс. экз/га	Площадь сечений, м²/га	Запас, м³/га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м				
Возрастной ряд для Ia–I классов бонитета								
1	10С	10	5,7	4,5	2,264	5,8	17,9	Ia
2	10С	21	11,0	10,4	2,945	28,1	143	Ia
3	10С	30	15,6	14,8	1,925	36,6	282	Ia
4	10С	40	15,6	16,6	1,836	34,9	318	I
5	10С	50	18,4	18,7	1,603	42,8	289	I
Эдафический ряд для возраста 20 лет								
6	10С	20	10,1	10,2	2,636	21,0	132	Ia
7	10С	20	12,3	8,9	1,873	22,1	88,9	I
8	10С	20	9,9	6,8	2,129	16,5	50,9	II
9	10С	20	8,2	5,1	1,794	9,5	27,1	III

Таблица 3.15

Надземная фитомасса и первичная продукция по возрастному градиенту культур сосны Сухоложского и Билимбаевского лесхозов (южная тайга) (Усольцев и др., 2005а)

№ пр. пл.	Фитомасса, т/га					Первичная продукция, т/га				
	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого
Сухоложский лесхоз										
1*	11,5	2,16	6,49	5,98	24,0	1,36	0,217	1,27	2,33	4,96
2*	36,8	6,05	8,09	10,6	55,5	3,06	0,438	1,50	3,28	7,84
3*	42,8	5,72	12,8	10,4	66,0	2,59	0,310	1,67	3,48	7,75
4*	71,1	7,21	10,7	8,48	90,3	3,22	0,215	1,57	3,36	8,15
5*	147,2	13,5	18,1	9,39	174,7	3,66	0,299	1,92	2,92	8,50

Электронный архив УГЛТУ

Окончание табл. 3.15

№ пр. пл.	Фитомасса, т/га					Первичная продукция, т/га				
	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого
Билимбаевский лесхоз										
1*	46,6	4,5	7,0	3,4	57,0	–	–	–	–	–
2**	92,2	7,3	12,5	4,8	109,5	–	–	–	–	–
3**	140,9	10,0	11,4	7,3	159,6	–	–	–	–	–
4*	142,3	11,3	14,5	6,9	163,7	–	–	–	–	–

* Сосняк разнотравный.
** Сосняк ягодниковый.

Таблица 3.16

Надземная фитомасса культур и естественных насаждений сосны по возрастному градиенту для ягодникового типа леса в Катав-Ивановском лесхозе Челябинской области (горная южная тайга) (Аткина, Петелина, 2002)

№ пр. пл.	Возраст, лет	Средние		Надземная фитомасса, т/га			
		диаметр, см	высота, м	стволов	ветвей	хвои	итого
Культуры							
1к	10	3,3	2,5	5,01	2,51	3,95	11,5
2к	15	4,5	3,8	7,31	2,05	2,63	12,0
3к	20	7,3	13,6	24,7	5,90	4,77	35,4
4к	30	12,6	15,2	74,2	5,26	4,17	83,6
5к	40	15,7	17,6	162,0	12,9	5,58	180,5
Естественные насаждения							
1е	10	3,2	1,8	8,05	3,65	4,23	15,9
2е	15	7,7	5,7	61,3	8,28	7,32	76,9
3е	20	7,4	8,6	71,4	22,6	12,7	106,7
4е	30	14,3	16,3	109,0	16,0	6,54	131,5
5е	40	14,4	17,8	92,4	13,7	4,19	110,3

Таблица 3.17

Надземная фитомасса культур в пойме р. Урала в Оренбургском лесхозе (сухая степь)

№ пр. пл.	Возраст, лет	Средние		Надземная фитомасса, т/га			
		диаметр, см	высота, м	стволов	ветвей	листвы	итого
Ясень зеленый							
1	14	3,55	5,8	10,6	2,95	1,34	14,9
2	35	5,9	8,4	58,6	1,12	0,66	60,4
Тополь черный							
3	10	4,4	6,0	5,47	0,67	0,17	4,73
4	23	13,1	14,2	36,4	2,28	0,39	19,1
Сосна обыкновенная							
5	33	16,1	12,8	90,8	16,1	10,3	117,2
6	34	17,2	14,3	87,0	24,8	9,4	121,2

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.18

Надземная фитомасса и первичная продукция культур сосны по возрастному, эдафическому и густотному градиентам в Семиозерном лесхозе (сухая степь)

№ пр. пл.	Фитомасса, т/га					Первичная продукция, т/га				
	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого
Возрастной ряд для I класса бонитета, влажный бор										
1	17,5	3,63	3,56	5,97	27,0	3,57	0,44	0,98	0,38	4,93
2	81,3	11,4	13,8	12,8	107,9	2,23	0,11	2,78	3,71	8,72
3	65,1	9,12	10,8	13,4	89,3	1,55	0,08	1,51	4,65	7,71
4	69,3	10,2	6,36	5,77	81,4	0,19	0,06	0,93	1,71	2,83
Возрастной ряд для II класса бонитета, свежий бор										
5	5,14	1,24	1,82	4,78	11,7	1,65	0,25	0,53	1,03	3,21
6	14,3	2,69	4,55	6,97	25,8	2,15	0,26	1,05	1,78	4,98
7	33,5	6,32	8,43	8,62	50,5	1,03	0,11	1,13	2,95	5,11
8	43,7	6,01	6,53	7,10	57,3	1,25	0,08	1,01	2,33	4,59
9	102,6	8,92	7,13	2,82	112,5	0,61	0,02	0,55	0,96	2,12
Возрастной ряд для III класса бонитета, сухой бор										
10	6,37	1,65	3,58	4,92	14,9	1,01	0,16	0,60	1,15	2,76
11	10,3	2,54	2,27	6,15	18,7	1,04	0,16	0,71	1,50	3,25
12	18,7	5,22	6,02	7,28	32,0	4,04	1,16	0,49	1,95	6,48
13	62,9	10,6	6,14	6,14	75,2	1,13	0,08	0,96	1,51	3,60
Эдафический ряд для возраста 22 года										
14	105,0	11,7	18,7	13,7	137,4	2,27	0,11	4,97	4,31	11,6
15	63,6	7,40	12,7	10,9	87,2	1,57	0,10	1,90	3,83	7,30
16	34,0	5,75	5,80	6,11	45,9	0,95	0,07	0,94	1,84	3,73
17	19,0	3,88	6,41	5,35	30,8	0,60	0,07	0,80	1,94	3,34
18	18,6	3,61	4,62	4,33	27,5	0,45	0,05	0,55	1,40	2,40
Густотный ряд для возраста 22 года, I класс бонитета										
19	36,2	4,31	9,88	7,45	53,5	0,86	0,04	1,80	2,79	5,45
20	59,3	6,78	14,6	10,6	84,5	0,67	0,03	1,71	3,60	6,00
21	62,1	8,93	7,86	8,54	78,5	1,32	0,11	1,40	2,74	5,46

Таблица 3.19

Надземная фитомасса и первичная продукция естественных сосняков по возрастному, эдафическому и густотному градиентам в Семиозерном лесхозе (сухая степь)

№ пр. пл.	Фитомасса, т/га					Первичная продукция, т/га				
	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого
Возрастной ряд для II–III классов бонитета, свежий бор										
22	39,4	7,74	5,39	4,93	49,7	6,10	0,550	0,798	1,62	8,52
23	78,6	13,8	3,55	6,11	88,3	10,76	1,220	0,448	1,74	13,0
24	155,2	18,0	5,85	3,57	164,6	13,19	0,779	0,524	1,15	14,9
25	207,0	15,6	11,8	4,59	223,4	7,95	0,041	0,387	0,81	9,15

Электронный архив УГЛТУ

Окончание табл. 3.19

№ пр. пл.	Фитомасса, т/га					Первичная продукция, т/га				
	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого
Эдафический ряд для возраста 40 лет										
26	152,3	13,2	13,9	11,5	177,7	17,65	0,263	1,740	1,85	21,2
27	102,8	10,7	7,32	11,5	121,6	11,14	0,281	0,895	1,84	13,8
28	90,1	10,6	6,33	4,62	101,0	5,69	0,130	0,668	1,39	7,75
29	104,9	15,7	4,04	4,36	113,3	10,29	0,490	0,481	1,32	12,1
30	55,8	10,6	2,95	3,98	62,7	6,89	0,875	0,316	1,24	8,45
Густотный ряд для возраста 20 лет, IV класс бонитета										
31	11,9	2,93	1,86	3,39	17,2	3,94	0,713	0,741	1,23	5,91
32	25,5	5,63	4,62	8,10	38,2	1,45	0,273	1,172	2,15	4,77
33	48,7	10,6	4,79	7,17	60,7	10,7	1,040	0,766	2,04	13,5

Таблица 3.20

Надземная фитомасса и первичная продукция в культурах сосны по возрастному и эдафическому градиентам на черноземах выщелоченных и осолоделых (лесостепь) Саргатского лесхоза Омской области

№ пр. пл.	Фитомасса, т/га					Первичная продукция, т/га				
	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого	ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	итого
Возрастной ряд для Ia–I классов бонитета										
1	6,14	2,03	2,06	3,38	11,58	1,19	0,194	0,723	1,69	3,60
2	48,89	5,84	10,39	7,16	66,44	5,48	0,521	1,448	2,88	9,81
3	88,31	8,71	8,23	8,04	104,6	6,99	0,552	1,676	2,69	11,36
4	110,24	7,81	11,87	10,56	132,7	4,54	0,322	0,817	5,33	10,69
5	113,39	7,81	12,55	9,33	135,3	3,79	0,265	0,694	3,34	7,82
Эдафический ряд для возраста 20 лет										
6	40,86	4,30	12,66	10,58	64,10	5,49	0,578	1,283	4,24	11,01
7	37,78	4,30	18,78	16,03	72,59	4,61	0,525	1,768	6,24	12,62
8	22,29	2,84	9,05	8,48	39,82	2,75	0,350	0,776	3,08	6,61
9	10,76	1,49	2,90	8,85	22,51	1,10	0,152	0,295	2,85	4,25

Полученные фактические значения фитомассы и первичной продукции культур и естественных сосняков для трех природных лесорастительных таксонов включены в евразийскую базу данных и способствуют более корректному расчету приходной части углеродного баланса лесопокрытых площадей названных территорий.

3.2.3.2. Закономерности изменения надземной фитомассы в культурах и естественных сосняках по возрастному, эдафическому и густотному градиентам

Культуры сосны. Предварительный анализ фактических данных табл. 3.15–3.20 позволяет констатировать некоторые общие закономерности повышения фитомассы и первичной продукции сосняков с увеличением возраста, класса бонитета и густоты.

Электронный архив УГЛТУ

Фитомасса культур в разнотравном типе леса Сухоложского и Билимбаевского лесхозов в подзоне южной тайги (табл. 3.15) при условии равенства возраста (25–29 лет) несколько различается, но в основном вследствие разной морфоструктуры древостоев. В частности, в данном возрасте текущая густота культур в Билимбаевском лесхозе несколько выше, чем в Сухоложском.

Сопоставление надземной фитомассы культур Свердловской (разнотравный тип) и Челябинской (ягодниковый тип) областей показывает, что в последнем случае фитомасса древостоев близкого возраста несколько ниже, по-видимому, вследствие различий в производительности этих двух типов леса (Залесов и др., 2002), а также в текущей густоте. Последняя в Катав-Ивановском лесхозе Челябинской области значительно ниже.

Показатели фитомассы культур сосны в пойме р. Урала (табл. 3.17) несколько выше, чем в том же лесорастительном таксоне на плакорах Тургайского прогиба, но ниже, чем в южной тайге Свердловской области и в лесостепи Омской области при той же добротности лесорастительных условий (I класс бонитета). Эти различия нельзя в полной мере объяснять почвенно-климатическими условиями, поскольку культуры закладывались и формировались в регионах по разным технологиям, вследствие чего текущая густота сравниваемых древостоев была разной.

Судя по данным табл. 3.16 для Катав-Ивановского лесхоза (горная южная тайга), полученным в условиях одного типа леса и примерно равных классов бонитета, в возрасте с 10 до 30 лет фитомасса культур была ниже, чем в естественных сосняках, и лишь в возрасте 40 лет ситуация меняется на противоположную. Чтобы можно было судить о фитомассе насаждений в зависимости от их происхождения в условиях Катав-Ивановского лесхоза, табличные данные были подвергнуты статистическому анализу с использованием бинарной переменной (Дрейпер, Смит, 1973). Регрессионный анализ достоверности различий естественных сосняков и культур на уровне древостоя по связи таксационных показателей и запасов фитомассы с возрастом показал, что достоверность констант при бинарной переменной по Стьюденту для среднего диаметра, средней высоты, густоты, суммы площадей сечений, запаса стволов, а также фитомассы стволов, хвои и общей надземной определяется значениями –0,81; 0,32; 1,1; –0,74; –0,64; –0,80; –1,59 и –1,17 соответственно. Иными словами, надземная фитомасса в культурах несколько ниже, чем в естественных молодняках того же возраста, однако это различие статистически недостоверно.

Таким образом, вывод о более высокой производительности лесных культур по сравнению с естественными молодняками на Среднем Урале (Залесов и др., 2002) в условиях Южного Урала подтвержден лишь частично: культуры в молодом возрасте имеют меньшие запасы фитомассы по сравнению с сосновыми молодняками, но к возрасту 40 лет происходит либо выравнивание этого показателя, либо ситуация меняется на противоположную.

Совокупное влияние возраста и густоты на фитомассу насаждений проанализировано на примере культур сосны сухой степи в типе леса влажный бор (I класс бонитета) по схеме двумерного «креста», т. е. по возрастному градиенту для наиболее распространенного класса бонитета и по густотному градиенту при фиксированном уровне возраста (в табл. 3.18 соответственно пробные площади 1–4 и 19–21).

Электронный архив УГЛТУ

Для аналитического описания зависимости фитомассы от двух массоопределяющих факторов (таксационных показателей) – возраста и густоты – принята структура модели

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 (\ln A)^2 + a_3 \ln N, \qquad (3.1)$$

где P_i – фитомасса насаждения по фракциям: ствол в коре, ветви, хвоя и надземная соответственно P_S, P_B, P_F и P_{ABO}, т/га; A – возраст древостоя, лет; N – текущая густота культур, тыс. экз/га.

При расчете констант уравнений (3.1) для массы ветвей и хвои значимость константы a_3 при $\ln N$ оказалась ниже статистически достоверного уровня: соответственно $t_{факт} = 0{,}48 < t_{05} = 2{,}0$ и $t_{факт} = 0{,}68 < t_{05} = 2{,}0$. Но для надземной фитомассы влияние густоты статистически достоверно, и получено уравнение

$$\ln P_{ABO} = -15{,}6996 + 11{,}8213 \ln A - 1{,}7971 (\ln A)^2 + 0{,}4708 \ln N;\ R^2 = 0{,}880. \qquad (3.2)$$

Графическая интерпретация уравнения (3.2) в диапазоне возраста от 10 до 30 лет при густоте 3–4 тыс. деревьев на 1 га и в диапазоне густоты от 2 до 5 тыс. деревьев на 1 га в возрасте 15–20 лет представлена на рис. 3.74, из которого следует, что при одной и той же густоте деревьев надземная фитомасса в данном возрастном диапазоне увеличивается в 5 раз, а при одном и том же возрасте (15–20 лет) с ростом густоты повышается на 54 %.

Далее было проанализировано различие возрастных трендов фитомассы культур I класса бонитета (влажный бор) в сухой степи (табл. 3.18, пробные площади 1–4) и культур III класса бонитета (сухой бор) там же (пробные площади 10–13), с одной стороны, и культур I класса бонитета (разнотравный тип) Сухоложского лесхоза в подзоне южной тайги, с другой (табл. 3.15, пробные площади 1–5). Расчет регрессионных моделей, с помощью которых осуществляется подобный анализ, выполнен в два этапа.

На первом ставилась задача выявить различия культур сосны южной тайги Урала и сухой степи Тургая по надземной фитомассе, произрастающих в одних и тех же условиях увлажнения, а именно во влажном типе леса, характеризуемом I классом бонитета. По фактическим данным фитомассы каждой фракции P_i рассчитаны регрессионные модели:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 (\ln A)^2 + a_3 X, \qquad (3.3)$$

где A – возраст древостоя, лет. Два региона закодированы в (3.3) бинарной фиктивной переменной: $X = 0$ для культур южной тайги и $X = 1$ для культур сухой степи. Коэффициенты детерминации для массы стволов, ветвей и хвои составили соответственно 0,898; 0,771 и 0,583, т. е. уравнения (3.3) объясняли от 90 до 58 % изменчивости фитомассы разных фракций.

Однако влияние принадлежности культур к двум разным регионам на их фитомассу оказалось статистически недостоверным: для массы стволов – $t_{факт} = 1{,}0 < t_{05} = 2{,}0$, для массы ветвей – $t_{факт} = 0{,}51 < t_{05} = 2{,}0$ и для массы хвои – $t_{факт} = 0{,}68 < t_{05} = 2{,}0$.

Таким образом, культуры сосны двух регионов не различаются по надземной фитомассе, несмотря на то, что относятся к двум разным лесорастительным таксонам, имеют разную густоту посадки и разные уровни промышленного загрязнения.

Электронный архив УГЛТУ

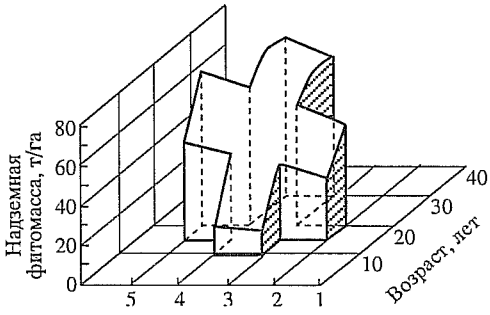


Рис. 3.74. Графическая интерпретация возрастного и густотного трендов надземной фитомассы в культурах сосны I класса бонитета (влажный бор) в сухой степи согласно уравнению (3.2)

Поэтому на втором этапе пробные площади для культур южной тайги и сухой степи, произрастающих в одинаковых эдафических условиях (I класс бонитета), объединили в одну группу и сопоставили фитомассу культур сосны во влажных (I класс бонитета) и сухих (III класс бонитета) условиях. Поскольку возрастной тренд культур сосны в южной тайге (Сухоложский лесхоз) представлен в среднем I классом бонитета, но в некотором диапазоне классов – от Ia до II, то чтобы исключить влияние этих отклонений на фитомассу, две группы экспериментальных данных были закодированы не бинарными переменными, а классом бонитета, выраженным средней высотой древостоя в возрасте 100 лет по бонитетной шкале М.М. Орлова: для Ia класса бонитета H_{100} равна 33,0 м, для I – 28,5, для II – 25,0 и для III – 21,5 м. В результате получили регрессионное уравнение

$$\ln P_{ABO} = -5{,}808 + 1{,}4436\ln A + 1{,}6847\ln H_{100};\ R^2 = 0{,}871. \qquad (3.4)$$

Значимость констант при $\ln A$ составила $t_{факт} = 6{,}2 > t_{05} = 2{,}0$, при $\ln H_{100}$ – $t_{факт} = 3{,}2 > t_{05} = 2{,}0$, т. е. надземная фитомасса двух таксонов достоверно зависит не только от возраста древостоя, но и от принадлежности к тому или другому из таксонов, древостои которых различаются на два класса бонитета.

Фитомасса культур омской лесостепи (Саргатский лесхоз) была проанализирована в сравнении с культурами тургайской сухой степи (Семиозерный лесхоз). В обоих таксонах экспериментальные данные получены по двум градиентам по схеме «креста». В лесостепи (см. табл. 3.14 и 3.20) возрастной ряд представлен пробными площадями 1–5, эдафический – пробными площадями 6–9. В сухой степи (см. табл. табл. 3.12 и 3.18) возрастной ряд представлен пробными площадями 5–9 (свежий бор, II класс бонитета), эдафический – пробными площадями 14–18 (диапазон классов бонитета от Ia до IV).

Для аналитического описания зависимости таксационных показателей (см. табл. 3.12 и 3.14) и фитомассы (см. табл. 3.18 и 3.20) от двух массоопределяющих факторов – возраста и класса бонитета – принята структура модели

$$\ln Y = a_0 + a_1\ln A + a_2(\ln A)^2 + a_3\ln H_{100} + a_4 X(\ln A) + a_5 X, \qquad (3.5)$$

где Y – либо таксационные показатели, обычно входящие в структуру таблиц хода роста: H – средняя высота, м, D – средний диаметр, см, G – сумма площадей сечений, м^2/га, M – запас стволовой древесины, м^3/га, либо показатели фракционной структуры фитомассы P_i, обозначения которых по фракциям аналогичны обозначениям в уравнении (3.1); X – бинарная переменная: для культур лесостепи $X = 0$, для культур сухой степи $X = 1$.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.21

Характеристика уравнений (3.5) для культур омской лесостепи

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности							
	$\ln H$	$\ln D$	$\ln G$	$\ln M$	Показатели фитомассы			
					$\ln P_S$	$\ln P_B$	$\ln P_F$	$\ln P_{ABO}$
a_0	–6,2570	–4,6913	–13,2125	–18,0121	–18,3283	–17,9479	–11,9779	–14,6329
$a_1(\ln A)$	1,1941	2,2525	4,8026	5,0579	5,3901	7,0410	6,2529	4,8558
$a_2(\ln A)^2$	–0,0487	–0,2479	–0,5837	–0,5256	–0,5744	–1,0138	–0,9264	–0,5445
$a_3(\ln H_{100})$	1,5694	0,7544	2,0972	3,5918	3,2199	2,4303	1,1366	2,6570
$a_4X(\ln A)$	0,1123	0,3114	–0,2710	–0,3502	–0,2549	–	–0,9080	–0,3030
a_5X	–0,3700	–1,1836	1,2309	1,6440	1,2673	0,1708	2,6482	1,2531
R^2	0,996	0,972	0,974	0,990	0,992	0,802	0,683	0,975
SE	0,037	0,097	0,116	0,113	0,098	0,337	0,300	0,144

В результате предварительного анализа экспериментальных данных табл. 3.12 и 3.14, 3.18 и 3.20 установлено, что возрастные тренды таксационных показателей и фитомассы для двух таксонов не являются параллельными в логарифмических координатах и, следовательно, пересекаются (но не обязательно в диапазоне экспериментальных данных). Эта несинхронность учитывается в регрессионной модели (3.5) посредством включения в ее структуру переменной $X(\ln A)$, т. е. произведения логарифма возраста lnA и бинарной переменной X. Результаты расчета уравнения (3.5) приведены в табл. 3.21.

Уравнения (3.5), судя по коэффициентам детерминации R^2, объясняют изменчивость показателей фитомассы в лучшем случае на 99,2 % (для массы стволов), в худшем – на 68,3 % (для массы хвои). Различия культур двух таксонов статистически достоверны как по таксационным показателям, так и по фитомассе.

Путем табулирования уравнений (3.5) по задаваемым значениям возраста древостоя с интервалом 5 лет, высоты в 100 лет (с последующим переводом на обозначения классов бонитета) и бинарной переменной X составлены эскизы таблиц хода роста фитомассы по классам бонитета для лесостепи. Для культур южной тайги, горной южной тайги и сухой степи таблицы составлены только для преобладающего класса бонитета (Приложение 6).

Известная неопределенность в отношении оценки углеродного пула лесов обусловлена не только нехваткой эмпирических данных о биологической продуктивности и несовершенством методов их экстраполяции на лесопокрытую площадь, но и неполным учетом определяющих продуктивность факторов, в том числе принятием усредненных значений квалиметрических показателей (плотность и содержание сухого вещества) фракционного состава фитомассы древостоев (Полубояринов, 1976а, б).

В бóльшей степени изучена квалиметрия фитомассы естественных древостоев. Поскольку для культур таких данных недостаточно, обычно используют показатели, полученные на пробных площадях естественных древостоев. Это связано с дополнительными смещениями, так как анатомия древесины и структура фитомассы в естественных древостоях и культурах существенно различаются (Усольцев, 1988). Наряду с чисто утилитарным значением квалиметрических показателей при использовании их в качестве

Электронный архив УГЛТУ

переводных коэффициентов, их рассматривают также в качестве экологической меры концентрации органического вещества в единице объема или свежей массы той или иной фракции фитомассы (Shipley, Vu, 2002).

Изменение квалиметрии кроны по ее профилю, а также в связи с возрастом и размером дерева обусловлено разным физиологическим состоянием метамеров и ассимилирующей поверхности в связи с изменяющимся радиационным режимом в пологе и процессом старения дерева. Например, в естественных сосняках-черничниках Архангельской области содержание сухого вещества (S, доли единицы) в хвое деревьев повышается с 0,33–0,35 в возрасте 17 лет до 0,50–0,56 в возрасте 204 лет (Молчанов, 1971). В древесине и коре ветвей сосны оно изменяется как в связи с диаметром ствола на высоте груди, так и по профилю полога, и это изменение статистически достоверно (Усольцев, 1988). В осинниках содержание сухого вещества в древесине на статистически достоверном уровне изменяется в связи с возрастом дерева, его ценотическим положением в пологе и густотой древостоя (Усольцев, 1985).

По фракциям кроны эти различия у осины могут быть статистически недостоверными в довольно удаленных друг от друга местообитаниях. Например, значения S для листьев и ветвей в осинниках Приобья (Новосибирская область) равны соответственно 0,376 и 0,549 (Габеев, 1976), а в осинниках Северо-Казахстанской области, отстоящих от них на 800 км, – соответственно 0,380 и 0,546 (Усольцев, 1985), т. е. значения S двух регионов различаются лишь в третьем знаке. Близкими оказались величины S для листьев и ветвей в естественных сосняках Тургайского прогиба (соответственно 0,469±0,002 и 0,479±0,003) и культурах сосны в пойме р. Урала (соответственно 0,474±0,004 и 0,477±0,004). В культурах ясеня зеленого в этой же пойме он составил соответственно 0,435±0,007 и 0,641±0,004, а тополя черного – 0,412±0,005 и 0,558±0,004 (Колтунова и др., 2006).

Мы попытались выявить регионально обусловленные различия в квалиметрических показателях фитомассы культур сосны. Для анализа были привлечены квалиметрические показатели, полученные в культурах сосны южной тайги (Сухоложский лесхоз), лесостепи (Саргатский лесхоз) и сухой степи (Семиозерный лесхоз), на пробных площадях которых взято соответственно 38, 71 и 92 модельных дерева. Возраст деревьев – от 9 до 50 лет (Приложения 7–9).

Поскольку фактические квалиметрические показатели варьируют не только в связи с принадлежностью культур к различным природным таксонам, но и в зависимости от возраста и размера деревьев, сопоставление по таксонам выполнено не на уровне совокупностей (или полных массивов данных), а на уровне аналитических зависимостей квалиметрических показателей от возраста и диаметра деревьев с использованием блока фиктивных переменных X_1; X_2 (Дрейпер, Смит, 1973). Последний представляет собой код, которым обозначена принадлежность данных к тому или иному региону: для культур сосны лесостепи – $X_1 = 0$; $X_2 = 0$, для сухой степи – $X_1 = 1$; $X_2 = 0$, для южной тайги – $X_1 = 0$; $X_2 = 1$. Кроме того, для показателя S кроны в уравнение включена переменная, характеризующая положение взятого на анализ образца по профилю кроны. Рассчитаны уравнения

$$Y = a_0 + a_1A + a_2D + a_3Cr + a_4X_1 + a_5X_2, \qquad (3.6)$$

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.22

Характеристика уравнений (3.6) для культур южной тайги, лесостепи и сухой степи

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при зависимых переменных и показатели адекватности					
	Sf	*Sbr*	*Sw*	*Sb*	ρ_w	ρ_b
a_0	0,4892	0,5464	0,3328	0,3915	0,3589	0,2755
a_1A	0,0013	0,0014	0,0061	0,0018	0,0016	0,0023
a_2D	–	–0,0030	–0,0049	–0,0021	–0,0026	–0,0035
a_3Cr	0,0185	–	–	–	–	–
a_4X_1	–0,0838	–0,0855	0,0089	0,1182	–0,0038	–0,0243
a_5X_2	–0,1428	–0,1499	–0,0080	0,0460	–0,0298	–0,0242
R^2	0,541	0,575	0,719	0,448	0,339	0,259
SE	0,054	0,054	0,034	0,063	0,024	0,029

где *Y* – либо содержание абсолютно сухого вещества *S* в долях единицы (отдельно для хвои, ветвей, древесины ствола и коры ствола: *Sf*, *Sbr*, *Sw* и *Sb* соответственно), либо базисная (условная) плотность ρ как отношение массы образца в абсолютно сухом состоянии к его объему в свежем состоянии (отдельно для древесины и коры ствола: соответственно ρ_w и ρ_b, кг/дм^3 либо т/м^3); *A* – возраст дерева, лет; *D* – диаметр ствола на высоте груди, см; *Cr* – номер секции кроны (1, 2 и 3 – соответственно для верхней, средней и нижней); X_1, X_2 – блоковые фиктивные переменные. В окончательной форме уравнений (3.6) оставлены лишь переменные, значимые на уровне не ниже t_{05} (табл. 3.22).

Уравнения (3.6), судя по коэффициентам детерминации R^2, объясняют от 26 до 72 % изменчивости квалиметрических показателей фитомассы деревьев. Все константы уравнений, за редкими исключениями, достоверны на уровне t_{05}. Независимая переменная *Cr*, характеризующая положение образца по вертикальному профилю кроны, введена в уравнение (3.6) лишь для наиболее важной в физиологическом и биопродукционном отношениях зависимой переменной – содержания сухого вещества в хвое *Sf*. В уравнении для *Sf* оказался статистически незначимым диаметр ствола *D* ($t_{факт} = 0{,}30 < t_{05} = 2{,}0$), поэтому в табл. 3.22 он исключен.

Различие (или его отсутствие) квалиметрических показателей культур из разных таксонов устанавливается при расчете уравнений (3.6) по показателям значимости констант при блоке фиктивных переменных X_1; X_2. Если статистически значима (по Стьюденту) константа при X_1 ($t_{факт} > 2{,}0$), то исследуемый показатель в культурах лесостепи достоверно больше ($t_{факт}$ со знаком минус) или меньше ($t_{факт}$ со знаком плюс), чем в культурах сухой степи. Если статистически значима константа при X_2 ($t_{факт} > 2{,}0$), значит, исследуемый показатель в культурах лесостепи достоверно больше ($t_{факт}$ со знаком минус) или меньше ($t_{факт}$ со знаком плюс), чем в культурах южной тайги.

Если константы статистически значимы как при X_1, так и при X_2, а $t_{факт}$ при X_1 и X_2 существенно различаются по величине, то исследуемый показатель достоверно различается по всем трем таксонам. На графиках остатков (рис. 3.75 *а*, *б*) это наглядно подтверждается наличием трех разобщенных полей распределения точек. Значения $t_{факт}$ при X_1 и X_2 в уравнении (3.6) для *Sbr* составили –11,0 и –18,6 соответственно, а для *Sb* – +10,6 и +3,4 соответственно.

Электронный архив УГЛТУ

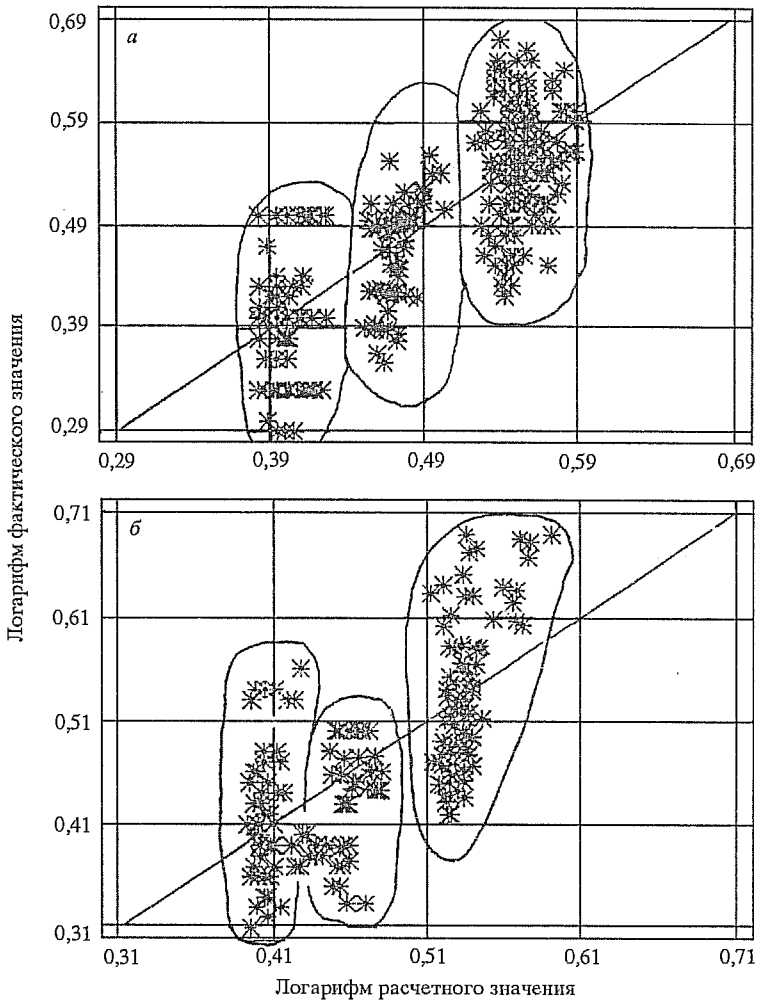


Рис. 3.75. Соотношение фактических и расчетных значений содержания сухого вещества в ветвях кроны (*а*) и коре стволов (*б*) в культурах сосны по уравнениям (3.6).
Слева направо: *а* – трп «облака» точек относятся к подзонам соответственно южной тайги, сухой степи и лесостепи; *б* – к подзонам соответственно лесостепи, сухой степи и южной тайги

Анализ нормативной таблицы (Приложение 10), полученной путем табулирования уравнений (3.6) по задаваемым значениям переменных (см. табл. 3.22), показал существенное отличие квалиметрических показателей фитомассы культур лесостепи по отношению к культурам южной тайги и сухой степи: *Sf* – на +16 и +26 %, *Sbr* – на +15 и +27 %, *Sw* – на –2 и +2 %, *Sb* – на –28 и –11 %, ρ_w – на –1 и –8 % и ρ_b – на +8 и +8 % соответственно. Это различие можно объяснить разными климатическими и эдафическими условиями двух таксонов. Возможен также вклад антропогенного фактора – промышленные выбросы Рефтинской ТЭЦ на территории Сухоложского лесхоза (южная тайга).

Электронный архив УГЛТУ

Влияние размера дерева одного и того же возраста и таксона также существенное, и показатели при D = 24 см отличаются от таковых при D = 4 см: *Sbr* – на –11 %, *Sw* – на –21 %, *Sb* – на –10 %, ρ_w – на –11 % и ρ_b – на –25 %. Величина *Sf* не зависит от диаметра дерева. При одном и том же диаметре независимо от таксона для возраста A = 50 лет по сравнению с возрастом A = 10 лет получены следующие отличия: *Sf* – на +9 %, *Sbr* – на +10 %, *Sw* – на +42 %, *Sb* – на –16 %, ρ_w – на +16 % и ρ_b – на +26 %. Это различие квалиметрических показателей в культурах также можно объяснить разными ценотическими и физиологическими условиями роста и формирования деревьев.

Таким образом, квалиметрические показатели фитомассы деревьев могут существенно варьировать в зависимости от возраста и ценотического положения дерева в древостое, т. е. физиологического состояния и ценотических условий роста, и значительно отличаться в насаждениях одного происхождения и морфоструктуры, но в разных географических условиях вследствие различий климатических и эдафических факторов воздействия. Квалиметрическим оценкам фракционного состава фитомассы при определении первичной продукции и углерододепонирующей способности лесов необходимо уделять внимание в каждом конкретном случае.

Естественные сосняки. Фактические данные фитомассы в естественных сосняках сухой степи Тургайского прогиба (Семиозерный лесхоз) получены на пробных площадях по схеме трехмерного «креста»: по возрастному градиенту – для наиболее распространенного класса бонитета, по эдафическому – для наиболее распространенного возраста насаждений и по густотному – при фиксированных уровнях первых двух градиентов (факторов) (см. табл. 3.13).

Для аналитического описания зависимости фитомассы насаждений от трех массоопределяющих факторов – возраста, класса бонитета и густоты – принята структура модели

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln H_{100} + a_3 (\ln H_{100})^2 + a_4 \ln N + a_5 (\ln N)^2, \qquad (3.7)$$

где P_i – фитомасса насаждения по фракциям: ствол в коре, ветви, хвоя и надземная фитомасса, соответственно P_S, P_B, P_F, P_{ABO}, т/га. Результаты расчета уравнений (3.7) приведены в табл. 3.23.

Таблица 3.23

Характеристика уравнений (3.7) для естественных сосняков сухой степи Тургайского прогиба

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности уравнений			
	$\ln P_S$	$\ln P_B$	$\ln P_F$	$\ln P_{ABO}$
a_0	–14,6654	–5,9615	–19,8418	–27,7405
$a_1(\ln A)$	1,7341	0,2802	–0,5115	1,5826
$a_2(\ln H_{100})$	3,8963	2,3597	13,6743	13,1622
$a_3(\ln H_{100})^2$	–	–	–1,8681	–1,5470
$a_4(\ln N)$	–	–0,9114	–1,4629	–
$a_5(\ln N)^2$	0,1611	0,2408	0,3926	0,1618
R^2	0,936	0,872	0,729	0,954
SE	0,245	0,250	0,298	0,195

Электронный архив УГЛТУ

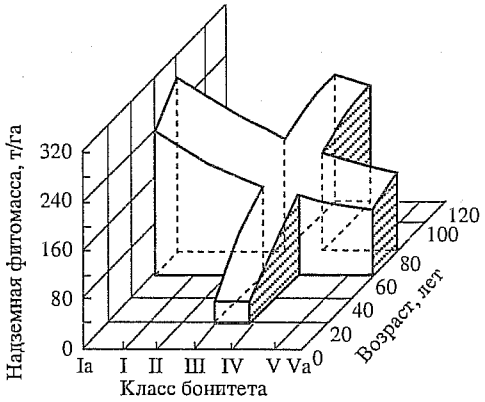


Рис. 3.76. Графическая интерпретация возрастного и эдафического градиентов надземной фитомассы в естественных сосняках сухой степи, полученных путем табулирования уравнений (3.7) по значениям возраста и класса бонитета

Уравнения (3.7), судя по коэффициентам детерминации R^2, объясняют изменчивость фитомассы в диапазоне от 95 % (для надземной фитомассы древостоя) до 73 % (для фитомассы хвои). После табулирования уравнений (3.7) по значениям возраста древостоя A, высоты в 100 лет (H_{100}, м) (см. табл. 3.13, с последующим переводом на обозначения классов бонитета) и густоты древостоя построены расчетные возрастной, эдафический и густотный тренды надземной фитомассы в естественных сосняках Тургайского прогиба. Характер закономерности изменения фитомассы по двум градиентам одновременно – возрастному и эдафическому – показан на рис. 3.76.

Для практического использования составлены эскизы таблиц хода роста естественных сосняков в сухой степи по их фитомассе (Приложение 11). При составлении таблиц возрастной динамики фитомассы использован метод расчета многофакторных уравнений, отличающийся от принятого при расчете (3.7). Во-первых, расчет выполняется по рекурсивному принципу в последовательности: таксационные показатели → показатели фитомассы. Во-вторых, поскольку густотный градиент фитомассы в исследуемых сосняках изучен недостаточно, то этот показатель исключен из структуры уравнений, и в качестве массоопределяющих факторов оставлены лишь возраст и класс бонитета для всей приведенной выше последовательности зависимых переменных.

Для расчета моделей и составления таблиц биопродуктивности принята следующая структура уравнений

$$\ln Y = a_0 + a_1 \ln A + a_2 (\ln A)^2 + a_3 \ln H_{100}, \qquad (3.8)$$

где все обозначения переменных аналогичны уравнению (3.5).

Уравнения (3.8), судя по коэффициентам детерминации R^2 (табл. 3.24), объясняют изменчивость таксационных показателей в диапазоне от 84 (для суммы площадей сечений) до 99,7 % (для средней высоты). Изменчивость показателей фитомассы в лучшем случае объясняется на 92 % (для массы коры), в худшем – на 83 % (для массы ветвей).

При составлении таблиц биопродуктивности уравнения (3.8) последовательно табулировали: вначале – для таксационных показателей, затем – для фитомассы по задаваемым значениям возраста древостоя с шагом 10 лет для каждого класса бонитета. Из таксационных показателей протабулированы лишь H, D, G и M, а показатели текущей густоты N получены расчетным путем по известным значениям G и D (Приложение 11). При этом эскиз таблицы биопродуктивности может рассматриваться лишь как предварительный, поскольку экспериментальные данные представлены по полному возрастному градиенту для наиболее распространенного класса бонитет-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.24

Характеристика уравнений (3.8) для естественных сосняков сухой степи Тургайского прогиба, принятых для составления таблиц биопродуктивности

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности						
	$\ln H$	$\ln D$	$\ln G$	$\ln M$	Показатели фитомассы		
					$\ln P_S$	$\ln P_B$	$\ln P_F$
a_0	–9,0213	–3,0535	–5,8233	–11,132	–11,4936	–4,9986	–12,4037
$a_1(\ln A)$	2,6364	–1,6974	3,6206	5,7466	5,7634	0,5607	5,2784
$a_2(\ln A)^2$	–0,2246	0,3367	–0,4032	–0,6187	–0,5995	–	–0,6767
$a_3(\ln H_{100})$	1,5407	2,2139	0,5423	1,2708	0,9839	1,5388	1,3454
R^2	0,997	0,977	0,839	0,923	0,918	0,829	0,924
SE	0,044	0,132	0,166	0,211	0,227	0,233	0,171

та, а для остальных классов возрастные тренды фитомассы рассчитаны путем экстраполяции в предположении, что зависимости $\ln P_i = f[\ln A, (\ln A)^2]$ синхронизированы по классам бонитета. В действительности этого может не быть.

Сравнение фитомассы естественных сосняков (см. Приложение 11) и культур (см. Приложение 6) одного класса бонитета (III) в сухой степи показало их различие по надземной фитомассе лишь в пределах 2–3 %, т. е. они практически равны по продуктивности. Но по соотношению фракций естественные и искусственные сосняки существенно различаются: в первых масса хвои и ветвей меньше, чем в культурах, на 38 и 27 % соответственно, а масса стволов, напротив, больше на 13 %. По-видимому, в экстремальных условиях степи на пределе ареала сосна максимально использует ресурсы среды независимо от своего происхождения, реализуя принцип продукционной инвариантности (Уткин и др., 1988б).

Это согласуется с результатами Р.Г. Синельщикова (1992), полученными в степной зоне Украины: если масса ствола одного и того же диаметра и высоты в лесных культурах на 30 % меньше, чем в сомкнутых естественных древостоях, то доля массы ветвей в надземной фитомассе составляет в культурах 33 %, а в естественных сосняках – лишь 9 %. Поскольку с учетом корневых систем общие фитомассы деревьев в тех и других условиях практически одинаковые, Р.Г. Синельщиков (1978) выдвинул принцип постоянства фитомассы равновеликих деревьев.

3.2.3.3. Закономерности изменения первичной продукции в культурах и естественных сосняках по возрастному, эдафическому и густотному градиентам

Культуры сосны. *Южная тайга.* Поскольку для культур сосны в Свердловской области (Сухоложский лесхоз) экспериментальный материал по их первичной продукции получен впервые и в ограниченном количестве, анализ выполнен лишь в связи с возрастом древостоя на основе метода аналитического выравнивания возрастных трендов как таксационных показателей, так и значений первичной продукции.

В лесной таксации общеизвестна обратно пропорциональная зависимость процента текущего прироста стволов (т. е. частного от деления теку-

Электронный архив УГЛТУ

щего прироста древостоя по запасу на его запас, выраженного в процентах) от возраста, выражаемая обычно гиперболической, Гомпертца либо иной, близкой по биологическому смыслу убывающей функцией (Науменко, 1946; Кайрюкштис, 1969; Wenk, 1973; Антанайтис, Загреев, 1981; Бузыкин и др., 1991). Эту зависимость распространяют на определение показателя, представляющего собой частное от деления годичного прироста (первичной продукции) той или иной фракции фитомассы Z_i (т/га) на запас стволовой древесины (M, м^3/га), в зависимости от возраста древостоя (A, лет) (Замолодчиков, Уткин, 2000; Уткин и др., 2003а). Зависимость может быть описана гиперболической функцией

$$Z_i/M = a_0 + a_1(1/A), \tag{3.9}$$

где Z_i – первичная продукция массы i-й фракции (стволов, ветвей и хвои – соответственно Z_S, Z_B и Z_F) в абсолютно сухом состоянии, т/га; M – запас, м^3/га; A – возраст древостоя, лет. Для пополнения базы данных о первичной продукции насаждений до уровня имеющейся информации об их фитомассе предлагается также зависимость (Уткин и др., 2004б)

$$Z_{ABO} = a_0 + a_1(P_{ABO}/A), \tag{3.10}$$

более адекватная фактическим данным в сравнении с (3.9). Здесь P_{ABO} и Z_{ABO} – соответственно надземная фитомасса и первичная продукция древостоя, т/га.

Наряду с (3.9) и (3.10) с начала XIX в. известна взаимосвязь величины депонируемого в фитомассе прироста с массой ассимиляционного аппарата (Hartig, 1896; Busse, 1930; Яблоков, 1934; Burger, 1929, 1947, 1953; Kittredge, 1944; Георгиевский, 1948; Полякова, 1954; Ovington, 1957), которую можно выразить зависимостью (Усольцев, 1997; Усольцев и др., 2001; Usoltsev et al., 2002)

$$\ln Z_i = \mathrm{f}(\ln P_F), \tag{3.11}$$

где P_F – наличная масса хвои, т/га.

Однако вскоре было обнаружено, что эта взаимосвязь не является инвариантной. Н.Ф. Полякова-Минченко (1961) установила, что характер связи массы листвы дерева с текущим объемным приростом ствола (угол наклона линии регрессии) существенно варьирует от года к году даже в одном и том же насаждении как в силу индивидуальной изменчивости реакции деревьев на внешние условия, так и изменчивости самих условий по годам. Тем более вероятна неустойчивость зависимости (3.11) для совокупности насаждений разного возраста и разных условий произрастания. Поэтому К.-М. Мёллер (Möller, 1947) пишет: «...Очевидно, что простое соотношение между листвой и приростом, предполагаемое некоторыми исследователями и лесными практиками, нельзя считать постоянным даже в случае отдельного одновидового древостоя» (с. 394).

В данном случае нам нужно получить возрастные тренды фракционного состава первичной продукции культур, и зависимость (3.11) корректируется возрастом древостоя:

$$\ln Z_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2(\ln A)^2 + a_3 \ln P_F. \tag{3.12}$$

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.25

Характеристика уравнений (3.9), принятых для составления таблиц возрастной динамики первичной продукции культур сосны южной тайги по первому методу

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности		
	Z_S/M	Z_B/M	Z_F/M
a_0	–0,0150	–0,0206	–0,0374
$a_1(1/A)$	0,8033	0,7739	1,4494
R^2	0,978	0,842	0,891
SE	0,002	0,006	0,009

Таблица 3.26

Характеристика уравнений (3.12) и (3.13), принятых для составления таблиц возрастной динамики первичной продукции культур сосны южной тайги по второму методу

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности							
	$\ln H$	$\ln D$	$\ln G$	$\ln M$	$\ln P_F$	$\ln Z_S$	$\ln Z_B$	$\ln Z_F$
a_0	–1,5695	–0,2222	–0,7758	–3,6933	–26,6157	–2,9613	–1,0699	–0,2188
$a_1(\ln A)$	1,2152	0,7909	1,2955	2,7564	18,4612	0,613	0,3442	–
$a_2(\ln A)^2$	–	–	–	–	–2,9344	–	–	–
$a_3(\ln P_F)$	–	–	–	–	–	0,9231	0,2034	0,6126
R^2	0,867	0,955	0,787	0,896	0,735	0,849	0,878	0,767
SE	0,178	0,064	0,252	0,351	0,170	0,214	0,075	0,091

В соответствии с двумя методами аналитического описания фракционной структуры первичной продукции фитомассы по исходным данным табл. 3.15 для культур южной тайги (Сухоложский лесхоз) были рассчитаны константы уравнений (3.9) и (3.12).

Для аналитического описания зависимости таксационных показателей и массы хвои от возраста принята структура моделей

$$\ln H,\ \ln D,\ \ln G,\ \ln M,\ \ln P_F = a_0 + a_1 \ln A + a_2 (\ln A)^2, \qquad (3.13)$$

где H, D, G, M, P_F – соответственно средние высота (м) и диаметр (см), сумма площадей сечений (м^2/га), запас стволовой древесины (м^3/га) и масса хвои (т/га).

Результаты расчета уравнений (3.9), (3.12) и (3.13) приведены в табл. 3.25 и 3.26. Уравнения (3.12), судя по коэффициентам детерминации R^2, объясняют изменчивость таксационных показателей в диапазоне от 96 (для среднего диаметра) до 79 % (для суммы площадей сечений), а первичной продукции хвои – на 77 % (см. табл. 3.26). Сопоставление уравнений (3.9) и (3.12), соответствующих двум методам моделирования первичной продукции, показывает, что, судя по коэффициенту R^2, преимущество имеет (3.9): величина R^2 в среднем на 9 % выше, чем для уравнения (3.12).

При сопоставлении методов коэффициент детерминации является необходимым критерием, но недостаточным для окончательного суждения, особенно если учесть, что в первом варианте зависимая переменная представлена относительным показателем. Поэтому по каждому методу (варианту)

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.27

Ошибка (±) определения первичной продукции фитомассы в культурах сосны по уравнениям (3.9) и (3.12), % к фактическому значению

Фракция фитомассы	Уравнение (3.9)		Уравнение (3.12)	
	для одного определения	для всех случаев	для одного определения	для всех случаев
Ствол	21,7	9,7	22,1	9,9
Ветви	18,3	8,2	7,4	3,3
Хвоя	6,7	3,0	4,7	2,1
В среднем	15,6	7,0	11,4	5,1

рассчитаны ошибки регрессионного определения первичной продукции по фракционному составу фитомассы (табл. 3.27).

Сопоставление полученных результатов показывает, что при определении первичной продукции стволов, ветвей и хвои преимущество по точности имеет второй вариант, в котором продукция фитомассы ставится в зависимость от массы ассимиляционного аппарата. Это выражается в меньшей случайной ошибке определения первичной продукции фитомассы по уравнению (3.12) в сравнении с уравнением (3.9) в среднем на 37 %.

Таким образом, несмотря на преимущество первого метода по степени детерминации уравнений, второй метод дает меньшую ошибку первичной продукции и, кроме того, является биологически обоснованным. Поэтому при составлении таблицы возрастной динамики первичной продукции культур южной тайги (Сухоложский лесхоз) в диапазоне 15–35 лет за основу взято уравнение (3.12). Вначале табулировали уравнения (3.13) для таксационных показателей и массы хвои, а затем – (3.12) для первичной продукции по задаваемым значениям возраста древостоя с шагом 5 лет. Из таксационных показателей протабулированы лишь H, D, G и M, а показатели текущей густоты N получены расчетным путем по известным значениям G и D (Приложение 12).

Таблица возрастной динамики структуры первичной продукции в культурах сосны южной тайги (Приложение 12) может рассматриваться как предварительная. Она дает основание утверждать, что в возрастном диапазоне 15–35 лет максимум первичной продукции приходится на возраст 25 лет, что соответствует возрасту полного смыкания полога и начала интенсивного самоизреживания. Доля хвои в формировании первичной продукции наибольшая по отношению к стволу и ветвям и в возрасте 15 лет составляет 47 % к общей надземной, постепенно снижаясь до 37 % к возрасту 35 лет.

Лесостепь и степь. Аналогичное сравнение двух методов анализа и расчета первичной продукции насаждений выполнено на примере культур лесостепи (Саргатский лесхоз) и сухой степи (Семиозерный лесхоз) по фактическим данным табл. 3.18 и 3.20.

Уравнения для расчета по первому методу имеют вид

$$Z_i/M = a_0 + a_1(1/A) + a_2X, \qquad (3.14)$$

по второму –

$$\ln Z_i = f(\ln P_F, \ln A, \ln D, \ln M, X), \qquad (3.15)$$

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.28

Характеристика уравнений (3.14), принятых для определения первичной продукции культур лесостепи и сухой степи по первому методу

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности		
	Z_S/M	Z_B/M	Z_F/M
a_0	–0,0076	–0,0064	–0,0072
$a_1(1/A)$	0,9699	0,3921	1,1392
a_2X	–0,0229	–	–0,0181
R^2	0,854	0,861	0,703
SE	0,010	0,004	0,018

Таблица 3.29

Характеристика уравнений (3.15), принятых для определения первичной продукции культур лесостепи и сухой степи по второму методу

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности		
	$\ln(Z_S)$	$\ln(Z_B)$	$\ln(Z_F)$
a_0	0,1600	0,5586	–1,0714
$a_1(\ln P_F)$	0,4825	0,2814	1,0575
$a_2(\ln A)$	–	–2,5700	–
$a_3(\ln D)$	–1,9878	1,4694	–
$a_4(\ln M)$	1,0479	0,7143	–
a_5X	–1,7477	0,6028	–
R^2	0,903	0,926	0,940
SE	0,294	0,197	0,124

где Z_i – годичная продукция массы i-й фракции (стволов, ветвей и хвои – соответственно Z_S, Z_B и Z_F) в абсолютно сухом состоянии, т/га; X – бинарная переменная: для культур лесостепи – $X = 0$, для культур сухой степи – $X = 1$. Характеристики уравнений приведены в табл. 3.28 и 3.29.

Судя по коэффициентам R^2, зависимости (3.14) по сравнению с (3.15) детерминированы в среднем ниже на 20 % (с колебаниями по фракциям в пределах от 5 до 46 %). Например, для прироста хвои уравнение (3.15) (т. е. зависимость лишь от наличной массы хвои, см. табл. 3.29) дает коэффициент детерминации больше на 34 %, чем (3.14), описывающее зависимость от двух факторов – возраста и запаса древостоя.

Далее по каждому методу (варианту) были рассчитаны ошибки регрессионного определения первичной продукции фракционного состава фитомассы по отношению к фактическим значениям (табл. 3.30).

Таким образом, сопоставление результатов двух примеров показывает, что при определении первичной продукции хвои, ветвей и стволов преимущество по точности имеет второй вариант, в котором продукция фитомассы ставится в зависимость от массы ассимиляционного аппарата. Оно выражается в меньшей случайной ошибке определения первичной продукции фитомассы по уравнению (3.15) в сравнении с уравнением (3.14) для хвои, ветвей и стволов в 5,5; 1,2 и 1,4 раза соответственно. Это необходимо учи-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 3.30

Ошибка (±) определения первичной продукции фитомассы в культурах сосны по уравнениям (3.14) и (3.15), % к фактическому значению

Фракция фитомассы	Уравнение (3.14)		Уравнение (3.15)	
	для одного определения	для всех случаев	для одного определения	для всех случаев
Хвоя	63,5	14,9	11,5	2,72
Ветви	27,1	6,22	22,0	5,05
Ствол	36,7	8,65	27,0	6,37

Таблица 3.31

Характеристика уравнений (3.16), принятых для составления таблиц возрастной динамики первичной продукции культур сосны для лесостепи и сухой степи

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности							
	$\ln H$	$\ln D$	$\ln G$	$\ln M$	$\ln Z_S$	$\ln Z_B$	$\ln Z_F$	$\ln Z_{ABO}$
a_0	–6,2570	–4,6913	–13,2125	–18,0121	–15,8365	–20,6051	–13,7973	–15,3531
$a_1(\ln A)$	1,1941	2,2525	4,8026	5,0579	2,8923	5,1953	5,9132	5,1555
$a_2(\ln A)^2$	–0,0487	–0,2479	–0,5837	–0,5256	–0,3656	–0,8567	–0,8892	–0,7618
$a_3(\ln H_{100})$	1,5694	0,7544	2,0972	3,5918	3,4825	3,8370	1,6082	2,6736
$a_4X(\ln A)$	0,1123	0,3114	–0,2710	–0,3502	–1,4733	–	–0,8632	–0,9941
a_5X	–0,3700	–1,1836	1,2309	1,6440	3,8304	0,5657	2,5191	2,8232
R^2	0,996	0,972	0,974	0,990	0,943	0,862	0,653	0,905
SE	0,037	0,097	0,116	0,113	0,234	0,259	0,343	0,204

тывать при расчетах депонирования углерода насаждениями на лесопокрытых площадях.

Наличие фактических данных о продукции культур в двух таксонах – лесостепи и сухой степи, полученных по схеме «креста», т. е. по двум градиентам одновременно – возрасту и эдафическому фактору, опосредованному классом бонитета (см. табл. 3.12, 3.14, 3.18 и 3.20), позволило проанализировать данные непосредственно по этим двум градиентам.

При аналитическом описании зависимости таксационных показателей и первичной продукции, которые обозначим общим символом Y, от двух массоопределяющих факторов – возраста и класса бонитета – используем структуру модели

$$\ln Y = a_0 + a_1 \ln A + a_2(\ln A)^2 + a_3 \ln H_{100} + a_4 X(\ln A) + a_5 X, \qquad (3.16)$$

где X – бинарная переменная: для культур лесостепи – $X = 0$, сухой степи – $X = 1$. Результаты расчета уравнения (3.16) приведены в табл. 3.31.

Уравнения (3.16), судя по коэффициентам детерминации R^2, объясняют изменчивость таксационных показателей в диапазоне от 99,6 (для средней высоты) до 97,2 % (для среднего диаметра), показателей первичной продукции в лучшем случае – на 94,3 % (для массы стволов), в худшем – на 65,3 % (для массы хвои). Значимость констант при бинарной переменной достоверна, что свидетельствует о различии морфоструктуры и первичной продукции культур двух таксонов.

Электронный архив УГЛТУ

Для культур сосны в лесостепи при составлении таблиц возрастной динамики продукции фитомассы принят метод выравнивания возрастных и эдафических трендов как для таксационных показателей, так и для значений первичной продукции. Для этого уравнения (3.16) последовательно табулировали вначале для таксационных показателей, а затем – для первичной продукции по задаваемым значениям возраста древостоя с шагом 5 лет. Из таксационных параметров протабулированы лишь H, D, G и M, а показатели текущей густоты N получены расчетным путем по известным значениям G и D (Приложение 13).

Таблицы в Приложении 13 могут рассматриваться как предварительные, поскольку экспериментальные данные представлены по всему возрастному градиенту лишь для наиболее распространенного класса бонитета, а для остальных классов бонитета первичная продукция рассчитана путем экстраполяции в предположении, что зависимости $\ln Z_i = f[\ln A, (\ln A)^2]$ в пределах одного региона синхронизированы по классам бонитета. В действительности это не всегда возможно.

Естественные сосняки. Фактические данные первичной продукции, как и данные надземной фитомассы, получены на пробных площадях Семиозерного лесхоза (сухая степь) по схеме трехмерного «креста», т. е. по возрастному градиенту для наиболее распространенного класса бонитета, по эдафическому градиенту для наиболее распространенного возраста насаждений и по густотному градиенту при фиксированных уровнях первых двух градиентов (см. табл. 3.19).

Для аналитического описания зависимости первичной продукции естественных сосняков от трех массоопределяющих факторов – возраста, класса бонитета и густоты – принята структура модели

$$\ln Z_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 (\ln A)^2 + a_3 \ln H_{100} + a_4 \ln N + a_5 (\ln N)^2, \qquad (3.17)$$

где Z_i – первичная продукция фитомассы по фракциям: ствол в коре, ветви, хвоя и надземная продукция соответственно Z_S, Z_B, Z_F и Z_{ABO}, т/га. Результаты расчета уравнений (3.17) приведены в табл. 3.32. Уравнения (3.17), судя по коэффициентам детерминации R^2, объясняют изменчивость таксационных показателей в диапазоне от 87 (для прироста

Таблица 3.32

Характеристика уравнений (3.17), принятых для оценки первичной продукции естественных сосняков сухой степи по трем градиентам

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности уравнений			
	$\ln Z_S$	$\ln Z_B$	$\ln Z_F$	$\ln P_{ABO}$
a_0	–9,5909	–2,3558	–4,1202	–7,1959
$a_1(\ln A)$	0,9402	–0,566	–0,1118	–
$a_2(\ln A)^2$	–0,0400	–	–	0,0502
$a_3(\ln H_{100})$	2,6004	1,3077	1,4111	2,7437
$a_4(\ln N)$	0,5112	–	0,3009	–
$a_5(\ln N)^2$	–	–	–	0,1132
R^2	0,726	0,667	0,869	0,825
SE	0,305	0,308	0,130	0,187

Электронный архив УГЛТУ

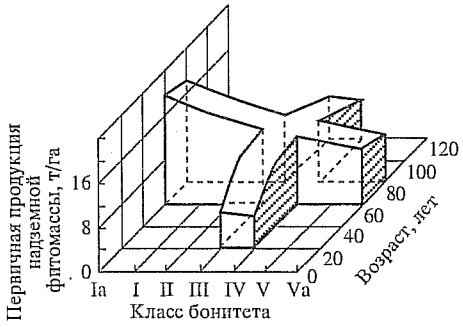


Рис. 3.77. Графическая интерпретация возрастного и эдафического градиентов первичной продукции в естественных сосняках сухой степи, полученных путем табулирования уравнений (3.17) по значениям возраста и класса бонитета

массы хвои) до 67 % (для прироста массы ветвей).

После табулирования уравнений (3.17) по значениям возраста древостоя A, высоты в 100 лет (H_{100}, м) (см. табл. 3.19, с последующим переводом на обозначения классов бонитета) и густоты древостоя построены расчетные возрастной, эдафический и густотный тренды первичной продукции фитомассы в естественных сосняках сухой степи. Характер закономерности изменения первичной продукции фитомассы по двум градиентам одновременно – возрастному и эдафическому – показан на рис. 3.77.

Для составления таблиц возрастной динамики первичной продукции фитомассы использован метод расчета многофакторных уравнений, отличающийся от принятого при построении уравнения (3.17). Поскольку экспериментальные данные биопродуктивности по густотному градиенту получены в объеме, недостаточном для составления системы таблиц возрастной динамики продуктивности, из уравнений (3.17) переменная густоты древостоя исключена и принята структура модели

$$\ln Z_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 (\ln A)^2 + a_3 \ln H_{100}. \qquad (3.18)$$

После расчета регрессий их характеристики сведены в табл. 3.33.

Уравнения (3.18), судя по коэффициентам детерминации R^2, объясняют изменчивость показателей первичной продукции фитомассы в диапазоне от 93,3 (для ствола) и до 70,1 % (для ветвей).

При составлении таблиц возрастной динамики первичной продукции последовательно табулировали уравнения (3.18) вначале для таксационных показателей, приведенных в табл. 3.13, а затем для первичной продукции (табл. 3.19) по задаваемым значениям возраста древостоя с шагом 10 лет по классам бонитета. Из таксационных показателей протабулированы лишь H, D, G и M, а показатели текущей густоты N получены расчетным путем по известным значениям G и D (Приложение 14).

Таблица 3.33

Характеристика уравнений (3.18), принятых для составления таблиц возрастной динамики первичной продукции естественных сосняков сухой степи

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности уравнений		
	$\ln Z_S$	$\ln Z_B$	$\ln Z_F$
a_0	–14,8398	–1,097	1,397
$a_1(\ln A)$	7,2752	–0,571	–0,5086
$a_2(\ln A)^2$	–0,9081	–	–
$a_3(\ln H_{100})$	0,9165	0,8761	0,2831
R^2	0,933	0,701	0,810
SE	0,147	0,241	0,144

Электронный архив УГЛТУ

Выводы

1. Экотон как полоса перехода от древесной растительности к недревесной (тундровой, степной, болотной и т. д.) является уникальным природным объектом, на котором в первую очередь можно отслеживать последствия климатических изменений.

2. В результате исследования биологической продуктивности лесных насаждений на зональном экотоне *лес–тундра* установлено, что в возрасте 45 лет при близких густотах (1300–1700 деревьев на 1 га) надземная фитомасса и масса хвои лиственничников в пойме соответственно в 7 и 2,4 раза выше, чем на плакорах. В спелых и старовозрастных насаждениях это различие еще больше – в 10 и 3 раза. По общей надземной первичной продукции соответствующее различие почти 5-кратное.

3. В результате исследования биологической продуктивности лесных насаждений на высотном экотоне западного склона Тылайского Камня в полосе подъема верхней границы леса за последние 100 лет между 864 и 960 м над ур. м. установлено, что на нижнем уровне (864 м над ур. м.) примерно 100 лет назад возникло смешанное елово-пихтово-березовое насаждение. Примерно в это же время пихтой было занято и более высокое положение по экотону – на среднем высотном уровне (924 м над ур. м.). Спустя 20 лет среднего высотного уровня достигла также ель, а еще через примерно 40 лет верхний высотный уровень (960 м над ур. м.) был занят кедром сибирским. Еще через 12 лет сюда же поднялась ель. Таким образом, вследствие постепенного смещения верхней границы леса средний возраст ельников снижается примерно со 100 лет на нижнем высотном уровне до 28 лет – на верхнем. В качестве пионера при подъеме верхней границы леса в разные периоды времени выступали разные древесные виды.

4. Между высотными уровнями 864 и 960 м выявлено закономерное 9–11-кратное снижение фитомассы ели, а с учетом остальных пород – 17–19-кратное.

5. В предположении, что отпад и гетеротрофное дыхание взаимно уравновешены, среднее изменение запасов фитомассы на каждом из высотных уровней является чистой экосистемной продукцией *NEP* (т/га/год) за период, равный соответствующему возрасту деревьев на том или ином высотном уровне. Расчет *NEP* по высотным уровням показал, что ее величина постепенно снижается от 0,75 до 0,15 т на 1 га в год вверх по высотному градиенту в полосе подъема верхней границы леса.

6. Результаты выполненного анализа морфоструктуры и биологической продуктивности искусственных насаждений в некоторой степени условны, поскольку исследуемые показатели определяются не только лесорастительными условиями, но и локальной концепцией лесокультурного производства. Тем не менее можно утверждать, что в одних и тех же лесорастительных условиях и при близких показателях морфоструктуры насаждений в исследуемых таксонах биологическая продуктивность культур сосны одна и та же, но в разных лесорастительных условиях разница достоверна. Отсутствие достоверности различий фитомассы культур в сухой степи и южной тайге означает, что меньшее количество осадков в степи компенсируется лучшими эдафическим увлажнением (при высоком уровне грунтовых вод) и трофностью темно-каштановых почв с мощным гумусовым горизонтом, в результате чего культуры растут по одному и тому же классу бонитета.

Электронный архив УГЛТУ

7. Для выявления зависимости биопродуктивности культур сосны по двум факторам – климатическому и эдафическому – по аналогии с результатами Э.Г. Коломыца с соавт. (1993), полученными для бореального экотона Европейской России, необходимо проведение в Урало-Сибирском бореальном экотоне более глубоких исследований с привязкой результатов к условиям эдафотопа.

8. Закладка пробных площадей как в культурах, так и в естественных сосняках по схеме «креста» дала возможность при минимуме экспериментального материала составить эскизы таблиц биологической продуктивности, которые необходимы при расчетах углеродного цикла лесов, а в будущем – и при устройстве лесов России.

9. Квалиметрические показатели фитомассы (содержание сухого вещества и плотность) необходимо определять на каждой пробной площади, поскольку использование средних для древесной породы или экорегиона показателей приводит к смещениям в оценках биопродуктивности насаждений.

10. При выводе регрессионных моделей и составлении нормативно-учетных материалов для первичной продукции насаждений необходимо в структуру моделей вводить в качестве основной определяющей переменной показатель массы ассимиляционного аппарата и совмещать нормативные материалы по первичной продукции с таковыми для фитомассы насаждений.

Электронный архив УГЛТУ

Глава 4

БАЗА ДАННЫХ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ И НЕКОТОРЫЕ ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

4.1.1. НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ ПО СФОРМИРОВАННОЙ БАЗЕ ДАННЫХ О БИОПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ

Первый вариант базы данных о запасах фитомассы в насаждениях основных лесообразующих древесных пород Северной Евразии был опубликован в 2001 г. (Усольцев, 2001). За прошедший период в разных публикациях, главным образом зарубежных, появились новые данные о биопродуктивности лесных насаждений. Кроме того, при формировании первого варианта многие литературные источники по разным причинам были недоступны для извлечения из них материалов по биопродуктивности насаждений. Поэтому и новые данные о фитомассе насаждений, и опубликованные до 2001 г., но пропущенные автором, сведены в отдельное дополнение, которое представлено в Приложении 15. Сюда вошли 1153 определения, в том числе: лиственница – 115, ель (пихта) – 171, сосна (кедр) – 492, дугласия – 26, береза – 12, осина (тополь) – 16, ольха – 4, дуб – 50, бук – 26, липа – 19, граб – 3, ясень – 5, клен – 5, ива – 11, робиния – 11, чозения – 5, железное дерево – 4, каштан посевной – 4, акация – 11, кастанопсис (каштан японский) – 14, лавр – 1, циклобаланопсис – 6, кипарисовик – 38, криптомерия японская – 91, туевик японский – 9, тсуга – 2 и саксаул черный – 1.

Не менее ценны для расчетов приходной части углеродного баланса и углерододепонирующей способности лесов сводные данные о годичной первичной продукции (*NPP*) насаждений. Они дают представление об энергетическом потенциале лесных экосистем и являются одним из важнейших критериев количественной оценки их функционирования (Базилевич и др., 1986).

Вследствие более трудоемкой и методически недостаточно отработанной процедуры определения *NPP* объем информации по этому показателю в несколько раз меньше, чем о запасах наличной фитомассы. Сформированная база данных о фитомассе и первичной продукции насаждений Северной Евразии приведена в Приложении 16. Она включает 1134 определений *NPP*, в том числе: лиственница – 62, ель (пихта) – 176, сосна (кедр) – 574, береза – 92, осина (тополь) – 31, ольха – 6, дуб – 60, бук – 50, липа – 20, граб – 3, ясень – 3, клен – 3, дугласия – 1, ива – 7, яблоня Сиверса – 1, железное дерево – 4, каштан посевной – 4, саксаул черный – 1, совмещенных с данными о запасах фитомассы (т/га) на тех же пробных площадях и таксационными показателями.

Электронный архив УГЛТУ

Сформированные базы данных в силу действия закона больших чисел позволяют получить на основе применения математико-статистических методов достоверные результаты по биопродуктивности лесных экосистем Северной Евразии.

Базы данных о фактической биопродуктивности насаждений (Уткин и др., 1994; Усольцев, 2001) и иных категорий растительного покрова (Sommerhalder et al., 1986) являются одним из необходимых связующих звеньев между процедурами получения данных о биопродуктивности наземных экосистем и их экстраполяции на те или иные территории в целях картирования и расчета углерододепонирующей способности. Вторым таким связующим звеном можно считать базы данных Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) и сельскохозяйственных угодий, которые дают возможность корректно экстраполировать фактические данные о биопродуктивности растительности на наземные территории. К сожалению, повыдельная база данных ГУЛФ практически недоступна для пользователя, а имеющиеся сводные материалы обладают множеством недостатков и неопределенностей, которым уделено достаточно внимания в литературе (Уткин и др., 1999; Сухих, Уткин, 2003; Алексеев, Марков, 2003; Замолодчиков и др., 2005а).

В рамках нашего исследования более актуальны вопросы составления и использования базы данных о биопродуктивности насаждений, что также связано со многими неопределенностями, заслуживающими специального рассмотрения.

4.1.2. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ

Сегодня нет единого мнения о принципах формирования и использования баз данных о биопродуктивности лесов, однако высказывается обеспокоенность их качественным уровнем (Vogt et al., 1986б; Cannell, 1989; Clark et al., 2001; Уткин, 2004). Литература по этому вопросу акцентирована на многочисленных неопределенностях, связанных с проблемой недостатка информации при экологическом моделировании (Свирежев, 1981).

По мнению Деборы Кларк с соавт. (Clark et al., 2001), существенная часть опубликованных данных по биопродуктивности не годится к применению по причине неадекватности методов их получения либо неполного раскрытия этих методов, что ведет к занижению глобальных оценок биопродуктивности лесного покрова. При анализе имеющихся сводок о фитомассе насаждений их критики отмечают некорректность данных, полученных на пробных площадях небольших размеров, либо с неучтенным «опушечным» эффектом, либо полученных методом среднего дерева, и рекомендуют их игнорировать, как и данные фитомассы, модифицированные к виду таблиц биопродуктивности или рассчитанные по фитомассе отдельных деревьев и рядам распределения деревьев по диаметру (Cannell, 1989; Уткин, 2004). Они считают также недопустимым: оценки фракционной структуры фитомассы, полученные в сложных и смешанных насаждениях, представлять совокупными показателями, приведенными к одному элементу леса, вводить общий показатель нижних ярусов без разделения на подлесок, подрост и напочвенный покров, а также включать в базу материалы с неполным фракционным составом фитомассы и игнорировать показатель полноты древостоя (Уткин, 2004).

Электронный архив УГЛТУ

Эти критические замечания относятся и к нашей опубликованной (Усольцев, 2001) базе данных, сформированной для 13 лесообразующих пород Северной Евразии в объеме 5085 определений. Поскольку данные о фитомассе были получены различными методами представителями разных отраслей лесной науки, при этом каждого интересовала лишь часть комплекса морфоструктурных и биопродукционных показателей лесной экосистемы, то по одним из них информация была чересчур детализирована (например, дифференциация скелета кроны и корней по градациям толщин), а по другим (что случалось гораздо чаще) – отсутствовала.

Например, лесные физиологи и пирологи учитывали массу хвои, без ствола и скелета кроны. Почвоведы часто не утруждали себя полной оценкой морфоструктуры и надземной фитомассы и взвешивали только подземную. Лесных таксаторов обычно не интересовала фитомасса корней и нижних ярусов. Лесоведы, исследуя биопродуктивность нижних ярусов, иногда не выделяли надземную и подземную части, редко приводили их в полном составе, не поясняя, например, то ли подрост отсутствовал, то ли он ими проигнорирован. Методически обусловленная несопоставимость данных более всего проявилась в отношении подземной фитомассы: применяли методы площади питания среднего дерева, малых или больших почвенных монолитов; корни как отмывались, так и отбирались вручную, с отсеиванием или без него; мелкая фракция корней иногда вообще не учитывалась, а иногда взвешивалась вместе с корнями напочвенного покрова.

Критики фактических данных о биопродуктивности насаждений предлагают проводить тщательный априорный отбор исходных материалов (Cannell, 1989; Clark et al., 2001; Уткин, 2004). Для этого можно применить два способа – субъективный (продиктованный задачей и концепцией исследователя) и статистически обусловленный.

При первом способе априорная «чистка» может быть использована для подтверждения любой, в том числе несостоятельной, гипотезы. Это было продемонстрировано А.С. Аткиным (1994), который предложил «экспресс-метод» получения «массовых данных запасов фитомассы» сосняков на основе единого показателя *фитомасса* : *запас стволовой древесины* и для подтверждения его правомерности из 2000 имеющихся в литературе определений фитомассы отобрал лишь 10, укладывающихся в диапазон ошибки ±10 %. «Чистить» данные, исходя из степени совершенства применяемой методики, во многих случаях невозможно по причине отсутствия необходимой информации. Имеющиеся факты сокрытия методики часто являются для автора вынужденными, и это вовсе не означает, что его результаты ошибочны.

При втором способе сомнительные данные выявляются на основе анализа ряда распределения показателя по соответствующим критериям (Thompson, 1935; Диксон, 1970). Последняя, наиболее значимая в контексте обсуждаемой темы реализация подобного алгоритма выполнена в процессе «чистки» сводных банков данных Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) (Алексеев, Марков, 2003).

Однако априорная отбраковка «ошибочных» данных опасна тем, что можно необоснованно исключить фактические данные, находящиеся внутри облака распределения остатков (рис. 4.1). Дело в том, что любое определение фитомассы на единице площади связано с ошибками выборочного

Электронный архив УГЛТУ

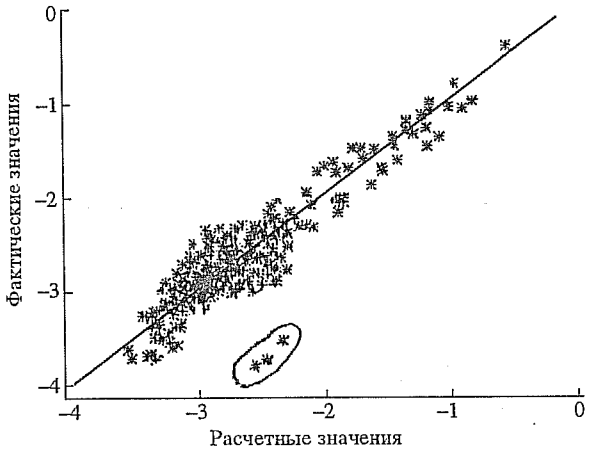


Рис. 4.1. Соотношение фактических и расчетных значений относительной массы хвои лиственничников и положение точек-аутсайдеров (обведены линией), подлежащих исключению из базы данных в процессе расчета многофакторных регрессий фитомассы

учета на каждом из трех его этапов (подбор пробной площади, затем модельного дерева и, наконец, навески фракции), совокупная ошибка этой трехэтапной процедуры неизвестна, а ее роль может быть более значимой, чем соображения «чистильщика». Поэтому, априорно отбраковывая якобы сомнительные данные, можно «с водой выплеснуть ребенка».

Таким образом, необходимо разделять этапы *формирования* и *использования* базы данных о фитомассе лесных экосистем. В указанных выше работах (Cannell, 1989; Уткин, 2004) эти два понятия фактически смешиваются.

Наша база данных сформирована путем включения в нее *всех* (в том числе неполных) опубликованных и даже неопубликованных данных о фитомассе насаждений, и ответственность за их точность несут авторы. Восстановление (там, где это реально) отсутствующих данных требовало кропотливого анализа всей информации в том или ином источнике данных и специфичного подхода в каждом случае, что исключает возможность унифицированного алгоритма подобных «восстановлений». После структурирования сводки этап *формирования* базы данных заканчивается.

Однако это не означает, что все данные сформированной подобным образом базы годятся для последующего их *использования*. Включение в базу данных, наряду с фракционным составом фитомассы, также характеристик морфоструктуры обусловлено необходимостью не только последующего построения универсальных моделей фитомассы, но и разработки на этапе использования базы данных алгоритма отбраковки из нее сомнительных и ошибочных цифр по условию соответствия структуры и биопродуктивности лесных экосистем. Исходная концепция состоит в том, что *данной структуре таксационных показателей (морфоструктуре) насаждения может соответствовать лишь одна, строго определенная структура фитомассы.*

При достаточно полной базе данных действует закон больших чисел и появляется возможность использования математико-статистических приемов для получения достоверных региональных оценок биопродуктивности лесных экосистем. Здесь имеется в виду не только известный факт, что меньшая точность показателей фитомассы и морфоструктуры компенсируется бóльшим объемом всей выборки, но и другой очевидный факт: чем многочисленнее данные о фитомассе для конкретного региона, тем больше возможностей для выявления ее некорректных значений-«аутсайдеров». Идеальна ситуация, при которой фракционная структура фитомассы во

Электронный архив УГЛТУ

всех случаях соответствовала бы морфоструктуре насаждения, опосредуемой внутренне согласованными значениями массообразующих показателей в определенных диапазонах изменчивости каждого из них. Под этим подразумевается не «согласованность неправильностей», а ситуация, при которой значение фитомассы насаждения, полученное, например, методом среднего дерева, не выходило бы за пределы ее варьирования при расчете более надежным методом (регрессионным либо путем сплошной рубки) в иных насаждениях аналогичной морфоструктуры.

Это же относится и к модифицированным показателям фитомассы в базе данных: важно, чтобы значения фракционной структуры фитомассы соответствовали специфичной для данного региона морфоструктуре, учтенной в таблице биопродуктивности в виде совокупности таксационных показателей. В противном случае таблица была составлена автором некорректно.

Степень упомянутого выше соответствия в нашем случае выявляется не путем априорного (субъективного либо статистического) анализа исходной совокупности данных, а при расчете эмпирических многофакторных моделей фитомассы. Эти модели строятся так, что фракционная структура фитомассы ставится в зависимость от морфоструктуры насаждения. И если хотя бы один показатель морфоструктуры или фитомассы ошибочен, то на графике остатков эта дата «выскакивает» (см. рис. 4.1).

Не является поводом для игнорирования данных для пробных площадей также неполнота их таксационной характеристики. Например, некоторые исследователи используют при расчетах углеродных пулов только возраст и запас стволовой древесины, не учитывая средние диаметр и высоту, густоту и полноту насаждения (Исаев и др., 1993), либо только средние диаметр и высоту древостоя, исключая его возраст (Замолодчиков и др., 2005б). Также вполне правомерно включение неполных данных, например, только по массе листвы или массе корней (при полной характеристике морфоструктуры древостоя), поскольку первый показатель является определяющим продукционный потенциал насаждения (LAI), а второй настолько редок в публикациях, что в экстраполяциях первого приближения применим вынужденно. Наконец, современные стандартные программы регрессионного анализа позволяют включать в расчет многофакторных зависимостей результаты даже неполного учета фракционной структуры фитомассы, используя рекурсивный принцип (Усольцев, 1998).

Проблема неполных данных частично была снята в результате применения рекурсивно-блочного метода, т. е. систем рекурсивных уравнений, взаимно «синхронизированных» блоковыми фиктивными переменными (Дрейпер, Смит, 1973). Синхронизация региональных закономерностей, конечно, не восполнила недостающую информацию, но дала возможность разработать систему регрессионных регионально распределенных моделей фитомассы при явно недостаточных фактических данных (1–3 наблюдения) по отдельным регионам, а также по некоторым фракциям фитомассы (обычно – по корням и нижним ярусам). Полученные для таких регионов средние возрастные тренды насаждений по фракционному составу фитомассы отдельных древесных пород (либо по отдельным фракциям фитомассы той или иной породы) можно пока считать лишь ориентировочными.

Остается также неопределенность с учетом генеративных органов и нижних ярусов. Учет генеративных органов осуществляется крайне редко,

Электронный архив УГЛТУ

хотя это, несомненно, важный компонент общей продуктивности. Дело здесь не в сложности процедуры взвешивания, а в крайней изменчивости признака. Строго говоря, оценку плодоношения нужно выполнять не «деструктивным» методом на временных пробных площадях, а на стационарных объектах с выводом среднего многолетнего (10–15 лет) показателя (Храмова, Храмов, 1974).

Понятие «нижние ярусы» включает в себя три составляющие: подлесок, подрост и напочвенный покров. Наличие или отсутствие каждого в отдельности зависит от многих факторов, которые в базе данных учесть не представляется возможным. Кроме того, не все исследователи ставили целью учесть все нижние ярусы, тем более с разделением их фитомассы на надземную и подземную. Последняя часто игнорировалась или включалась в фитомассу корней древостоя. Другая неопределенность, связанная с нижними ярусами, – отсутствие разграничения между пробными площадями, где нижние ярусы не были учтены и где они отсутствовали вследствие высокой сомкнутости полога либо из-за специфичных эдафических условий. Поэтому в базу данных введен один показатель фитомассы, общий для всех нижних ярусов.

Остается надеяться, что вследствие крайне низкой доли генеративных органов и нижних ярусов в общей фитомассе насаждения смещения оценок биопродуктивности в экстраполяциях первого приближения не будут существенными.

Заслуживает специального комментария вопрос о включении полноты древостоя в число морфометрических показателей базы данных. Известно, что фитомасса древостоя определяется тремя основными таксационными показателями – возрастом, добротностью местопроизрастания и плотностью стояния деревьев. В качестве последнего в лесной таксации при оценке запасов стволовой древесины получил повсеместное применение показатель полноты – абсолютной (сумма площадей сечения) либо относительной (сумма площадей сечения данного древостоя, отнесенная к стандартной согласно той или иной шкале).

Однако при оценке фракционной структуры фитомассы по совокупности таксационных показателей мы неоднократно показывали, что полнота хорошо «работает» лишь при оценке массы стволов, а для массы крон (листвы и ветвей) может давать 2–3-кратные смещения, но зато ее масса (как и стволов, и корней) хорошо описывается сочетанием густоты и среднего диаметра. Относительную полноту нельзя включать также по причине отсутствия сопоставимости ее значений: в одних случаях она определялась по местным шкалам или ТХР, в других – по всеобщим. Поэтому вместо полноты в число таксационных (морфометрических) показателей базы данных были включены густота (N, тыс. экз/га) и средний диаметр (D, см) стволов.

Для пользователя базой данных, который нуждается в показателе полноты, ее отсутствие в базе не является фактом недостатка информации. Абсолютная полнота определяется по формуле $\sum G = 0{,}07854 D^2 N$, а относительная рассчитывается по алгоритму: $\sum G \rightarrow$ уравнение стандартной шкалы. В обоих случаях подключение к компьютерной базе данных соответствующих подпрограмм не составляет проблемы.

К сожалению, не все регионы в базе данных представлены достаточным количеством пробных площадей с определениями фитомассы, а по некото-

Электронный архив УГЛТУ

рым даже отсутствовали, как, например, по ельникам Удмуртии и Пермской области. В этом случае на данный регион пришлось экстраполировать материалы пробных площадей, заложенных в ельниках Вологодской, Архангельской областей и Республики Коми. Спустя три года после публикации базы данных (Усольцев, 2001) в Удмуртии были заложены 29 пробных площадей для определения фитомассы ельников II–III классов бонитета, полученные результаты сопоставлены с данными для ельников IV–V классов бонитета в нашей базе данных и делается следующий вывод: «Расчетные данные В.А. Усольцева преувеличивают ассимилирующую массу на 42–45 % в древостоях II класса и на 30–37 % – в древостоях III класса бонитета» (Соколов, Петров, 2004, с. 133), т. е. авторы пытаются некорректно скомпрометировать наши модельные расчеты, выполненные по материалам базы данных, путем сравнения несопоставимых результатов.

Но даже при наличии в регионе достаточного количества пробных площадей с данными о фитомассе насаждений усредненный модельный тренд характеризует средние условия, и результат любого дополнительного определения фитомассы в локальных условиях обязательно будет смещен относительно этого среднего тренда. Именно об этом предупреждали В. Курц с соавт. (Kurz et al., 1996): «Регрессионные модели, рассчитанные по результатам разных исследований, выполненных по разным методикам в широком географическом диапазоне, прогнозируют средние условия и не могут быть использованы с целью получения оценок для конкретной экосистемы, поскольку вследствие специфики ее видового состава, местообитания и морфоструктуры древостоя ошибки прогноза могут быть значительными. Если для отдельного насаждения ошибка прогноза может быть велика, то прогноз для совокупности насаждений, произрастающих в некотором диапазоне экологических условий, может дать вполне приемлемый результат» (с. 1977).

При первых глобальных оценках и попытках картирования биопродуктивности лесов, когда данные по одной-двум пробным площадям экстраполировались на регион или биом (Базилевич, Родин, 1967), требование исключительной корректности и репрезентативности исходных данных было вполне объяснимым, хотя подобные экстраполяции, игнорирующие данные ГУЛФ, сегодня совершенно неприемлемы. Теперь, когда фактические данные по основным лесным регионам уже далеко не единичны, создана предпосылка для применения математико-статистических методов и закона больших чисел. По мере накопления эмпирического материала некорректность некоторых данных на фоне основного их массива становится все более очевидной.

Таким образом, некорректные показатели фитомассы должны отбраковываться не на этапе формирования базы данных, а исключаться на этапе ее использования в ходе многофакторного анализа по условию упомянутого взаимного соответствия морфоструктуры и биопродуктивности насаждения. При выводе остаточной дисперсии на график остатков, предусмотренном любой стандартной программой многофакторного регрессионного анализа, подобные данные-«аутсайдеры» очевидны (см. рис. 4.1) и подлежат исключению в ходе пошагового расчета регрессионных коэффициентов.

На наш взгляд, не совсем логичным выглядит требование В.А. Алексеева (устное сообщение) к автору создать принципиально новую базу данных о фитомассе лесов Северной Евразии, в том числе включающую детализа-

Электронный архив УГЛТУ

цию фитомассы нижних ярусов, путем тотальной ревизии первоисточников. На это можно ответить известным выражением: «*Feci quod potui, faciant meliora potentes*» (Я сделал, что мог; кто может, пусть сделает лучше).

Информационные потоки сейчас на шесть порядков превышают естественные возможности человечества усваивать информацию (Кондратьев и др., 2003), т. е. лишь 1/1 000 000 часть информации усваивается, а все остальное представляет собой информационный шум, затрудняющий процесс обучения специалиста и получения им нужной информации. Традиционная бумажная информатика, основанная на технологии накопления и распространения информации, но не ее обработки, структурирования и сжатия, давно исчерпала себя, и будущее – за безбумажной информатикой (Глушков, 1987).

Перевод «бумажной» базы данных о биопродуктивности лесных экосистем в ГИС-формат на основе СУБД (например, «АДАБАС») дает возможность любой ее реструктуризации и группировки данных по методам их получения (с соответствующими комментариями) и по задаваемым наборам показателей, а также автоматизированного совмещения ее с картами лесов, базами данных первичной продукции и ГУЛФ, традиционными таксационными нормативами и т. д. Такая система может быть структурирована в виде иерархии нескольких уровней сложности и информативности, т. е. быть не только информационной, но и обучающей. Она динамична, и ее можно непрерывно пополнять новыми данными, избавляясь от ошибочных. Подобная работа нами уже начата.

Рассмотрим кратко некоторые результаты оценки запасов и годичного депонирования углерода, выполненные на лесопокрытых площадях Евразии.

4.1.3. НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ И ГОДИЧНОГО ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА НА ЛЕСОПОКРЫТЫХ ПЛОЩАДЯХ ЕВРАЗИИ

Первые попытки оценки региональной и глобальной продуктивности лесов носили расчетный характер и основывались на учете ведущих климатических характеристик – температуры воздуха и осадков (Paterson, 1956; Weck, 1960). Расчетные данные сопоставляли с фактическими по материалам пробных площадей и, экстраполируя их на всю территорию или отдельные регионы, получали показатели потенциальной продуктивности.

При первых оценках биологической продуктивности лесов и депонирования углерода, выполненных на Евразийском континенте, использовался экспериментальный материал небольшого числа пробных площадей. В период развернутых исследований лесов по Международной биологической программе часто имело место локальное сопоставление их биопродуктивности по двум, реже – трем регионам. Так, при исследовании биопродуктивности светлохвойных лесов Якутии констатировалось: «Фитомасса лиственичников и сосняков в общих чертах мало отличается от величины фитомассы хвойных лесов севера лесной зоны» (Поздняков, 1967, с. 37), или: «При сравнении общего веса надземной части фитомассы березовых древостоев Западного Саяна с близкими по типу леса и возрасту древостоями из европейской части Союза значительной разницы в этих величинах не обнаруживается. Незначительными оказались различия и в массах крон при сравнении исследуемых березняков со смешанными древостоями Латвии и березовыми древостоями Центральной Якутии» (Протопопов, Грибов, 1971, с. 33).

Электронный архив УГЛТУ

При ограниченном материале и недостаточно полном учете «экологических фонов» сопоставляемых насаждений достоверность различий их биопродуктивности не определялась. При этом экспериментальный материал с нескольких точек экстраполировался на достаточно обширные площади. Их репрезентативность была неизвестна, критерий воспроизводимости оценки фитомассы и связываемого ею углерода отсутствовал. Однако невоспроизводимые схемы выборочного учета хуже, чем «бесполезные», поскольку они создают эффект ложной точности, которая может ввести в большое заблуждение (Cottam et al., 1953). Очевидно, что правомерность распространения данных фитомассы небольших выборок на обширные площади без учета породного, возрастного и структурного разнообразия лесов весьма сомнительна.

Следующий существенный шаг в районировании биопродуктивности был осуществлен Л.Е. Родиным и Н.И. Базилевич (1965а). Для основных природных зон – от тундр до тропиков и саванн – по данным 150 пробных площадей они привели показатели запасов органического вещества и биологического круговорота главнейших типов растительности суши, затем построили планетарные картосхемы этих показателей (Базилевич, Родин, 1967). Завершающий этап представлен справочной монографией Н.И. Базилевич (1993) по первичной продуктивности экосистем (не только лесных) Северной Евразии, где был использован наиболее обширный на тот момент материал более чем по 2500 пробным площадям.

Работы Н.И. Базилевич с коллегами, как и другие подобные исследования (Olson et al., 1983; Kolchugina, Vinson, 1993a), были основаны на экстраполяции биопродуктивности растительных сообществ на пробных площадях или ключевых участках на территорию региона или биома. Данные систем ГУЛФ при этом не учитывались.

М.И. Будыко и Н.А. Ефимова (1968), используя зависимость продуктивности растительного покрова от радиационного баланса и индекса сухости, составили карту-схему для Евразии, согласно которой на пространстве от западной до восточной границ России годичный прирост органического вещества составляет в полярном поясе 2–4 т/га, а в пограничном с ним бореальном – 4–6 т/га. Позднее Н.А. Ефимова (1977) модифицировала карту-схему и показала, что по меридиональному градиенту биопродуктивность снижается от Европейской России (10 т/га) к Забайкалью (6 т/га), а затем в Приморье вновь возрастает до 10 т/га (рис. 4.2).

Снижение показателя лесопригодности климата по меридиональному градиенту Европейской России от 20° до 60° в.д. в связи с возрастанием контрастности климата было установлено Г.И. Горевым (1974). Н.И. Базилевич (1993) также отмечает изменение запасов фитомассы растительного покрова не только по зональному, но и провинциальному (меридиональному) градиенту: наибольшие показатели характерны для Европейской России, в Западной и Средней Сибири они последовательно снижаются, достигая минимума в Восточной Сибири, затем в Притихоокеанском регионе вновь возрастают, однако не достигают уровня Европейской России.

Отказавшись от прямой экстраполяции данных об углероде в фитомассе, полученных на пробных площадях, завышающей среднерегиональные оценки в 2–3 раза, М.Ф. Макаревский (1991) впервые в России на примере Карелии применил переводной коэффициент общей фитомассы и углерода,

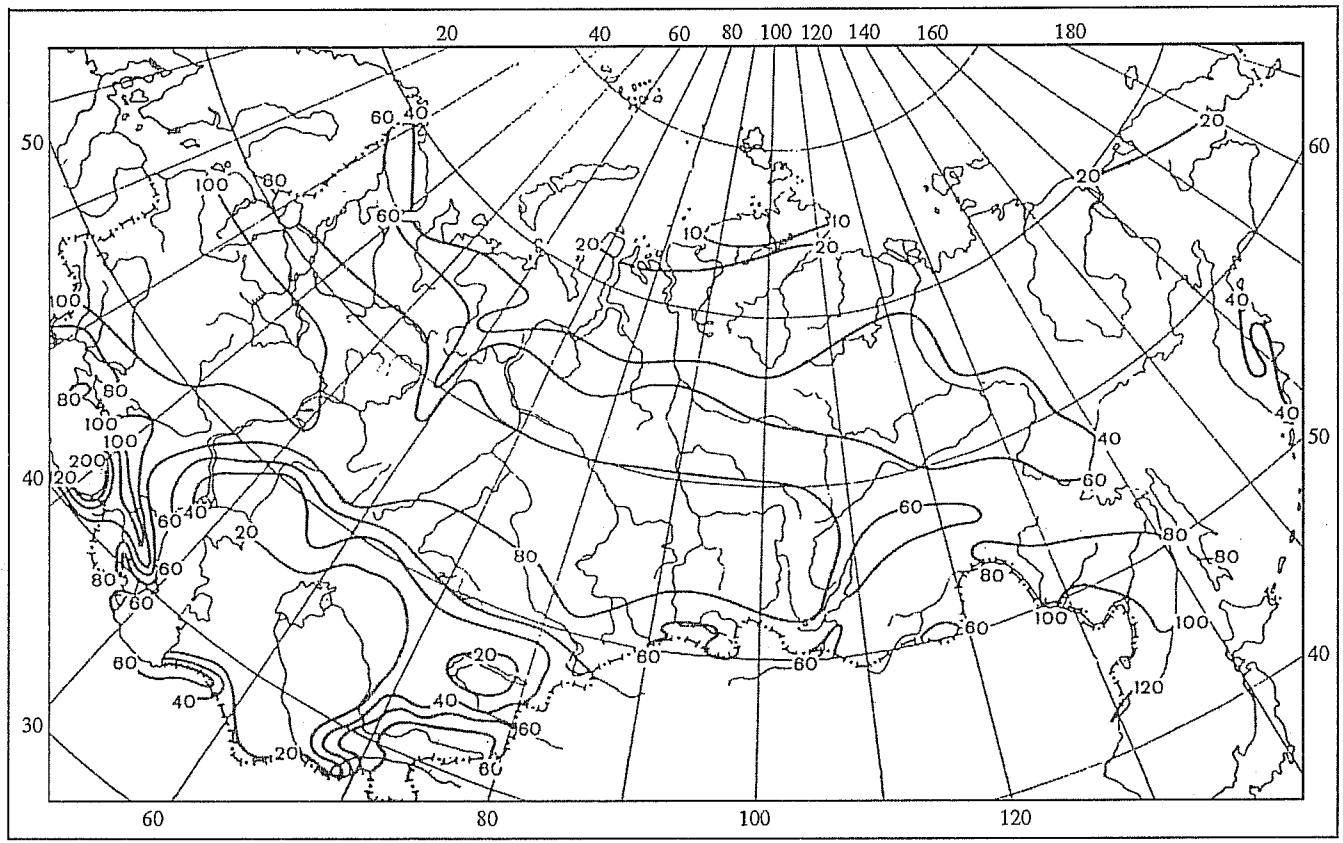


Рис. 4.2. Уточненная Н.А. Ефимовой (1977) карта-схема годичной нетто-продуктивности надземной и подземной фитомассы естественного растительного покрова на территории бывшего СССР (цифры – изолинии продуктивности, ц/га в год)

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

выделив три породные группы (сосняки, ельники и мелколиственные) и дифференцировав его по трем возрастным группам (а – молодняки, б – средневозрастные и приспевающие и в – спелые и перестойные). Тем самым была реализована корректная стыковка фактических данных об углероде на пробных площадях с данными ГУЛФ.

В Архангельской области запасы углерода рассчитаны для пяти лесообразующих пород с разделением древостоев на 4 возрастные группы (молодняки, средневозрастные, приспевающие и спелые). Запасы углерода в общей фитомассе лесов с учетом подстилки и почвы, а также болот и прочих нелесных земель составили 7,8 Гт (млрд т) (Цветков, Сурина, 2003).

Первые детальные расчеты общих запасов углерода в лесах и болотах России, в том числе в детритах и почве, были выполнены красноярской группой исследователей (Алексеев, Бердси, 1994). Переводные коэффициенты углерода были дифференцированы по пяти возрастным группам (а – молодняки I класса возраста, б – молодняки II класса возраста, в – средневозрастные, г – приспевающие и д – спелые) в пределах каждой из лесообразующих пород и включали данные по 2290 пробным площадям. Затем переводные коэффициенты и данные ГУЛФ были систематизированы по 71 региону России и путем их совмещения были получены общие запасы углерода по каждому из них и в целом. Всего в лесных экосистемах запасы углерода составили 188 Гт, в том числе 30 Гт – в лесной фитомассе, а остальные 158 Гт – в почвах, мортмассе и торфе. Плотность распределения углерода на территории России показана на рис. 4.3.

Следующим шагом в направлении оценки депонирования углерода в живой фитомассе на лесопокрытых площадях России стали работы группы московских исследователей (Исаев и др., 1993; Исаев, Коровин, 1997). Использовав около 2000 определений фактической фитомассы насаждений 15 лесообразующих пород России, они вывели для каждой переводные коэффициенты по полной фитомассе, дифференцированные по четырем возрастным группам (а – молодняки, б – средневозрастные, в – приспевающие и г – спелые). С учетом сводных данных ГУЛФ были рассчитаны общие запасы углерода, составившие для лесного фонда России 38,6 Гт; годичное депонирование углерода в лесфонде – 262 млн т.

Более 90 % общих запасов и годичного депонирования углерода приходится на покрытые лесом земли, составляющие около 65 % всей площади лесного фонда. Распределение запасов углерода в лесной растительности по экономическим районам России (рис. 4.4) коррелирует с распределением запасов древесины. На Восточную Сибирь и Дальний Восток приходится соответственно 34 и 32 %, а на Европейско-Уральскую часть и Западную Сибирь – 22 и 12 % от общих запасов углерода в фитомассе растительности на землях лесного фонда.

В расчете на 1 га лесопокрытой площади распределение запасов и годичного депонирования углерода совершенно иное (рис. 4.5). На первом месте по депонированию углерода в лесной фитомассе находится Европейско-Уральская часть (44 %), а далее идут Восточная Сибирь (24 %), Дальний Восток (23 %) и Западная Сибирь (8,5 %). Подобное распределение А.С. Исаев и Г.Н. Коровин (1997) объясняют наличием зависимости интенсивности депонирования углерода от возрастной структуры лесов и продуктивности древостоев. Леса Европейско-Уральской части вследствие интен-

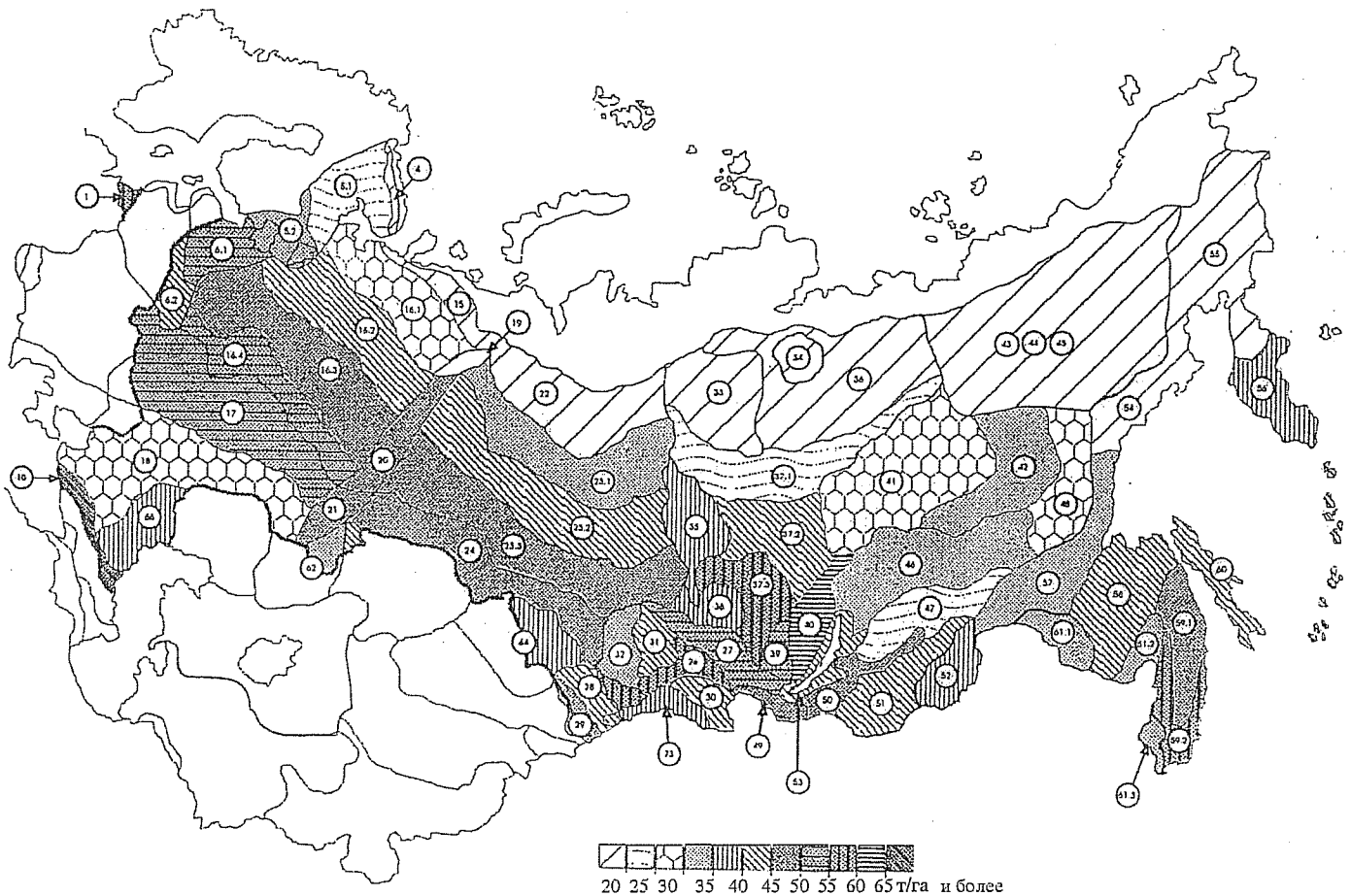


Рис. 4.3. Карта-схема распределения запасов углерода (т/га лесопокрытой площади) в лесных фитоценозах по лесорастительным регионам России (Алексеев, Бердси, 1994)

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

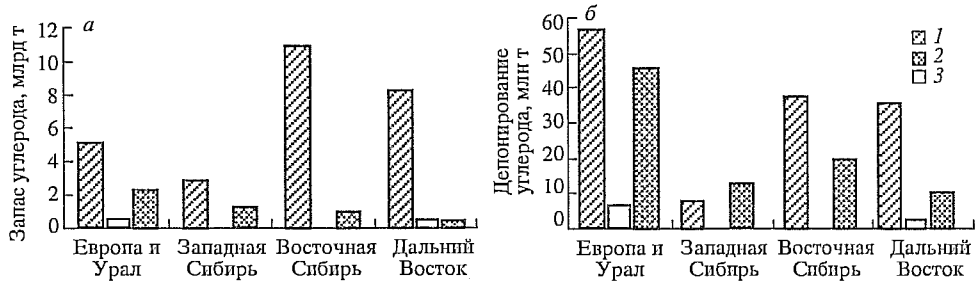


Рис. 4.4. Распределение запасов (*а*) и годичного депонирования (*б*) углерода для групп основных лесообразующих пород по крупным географическим регионам России (Исаев, Коровин, 1997).

1–3 – породы: *1* – хвойные, *2* – мягколиственные, *3* – твердолиственные

сивных рубок и других антропогенных воздействий характеризуются преобладанием молодых и средневозрастных древостоев, наиболее активно депонирующих углерод по сравнению со старовозрастными.

Наиболее детальные исследования по оценке запасов углерода на территории России выполнены в Международном институте прикладного системного анализа (Швиденко и др., 2000; Столбовой и др., 2004). Для расчета переводного коэффициента углерода было включено 2700 пробных площадей, который не систематизировался по группам возраста, а оценивался в форме регрессионных уравнений с привлечением трех регрессоров – возраста, класса бонитета и относительной полноты. Для расчета были использованы не обобщенные данные ГУЛФ, а исходная информация на уровне лесхозов, выделенная по 141 экорегиону России, а также почвенные карты и ГИС-технологии. Общие запасы углерода на территории России, включающей не только лесные, но и сельскохозяйственные, заболоченные земли, а также степи, составили 40 Гт, из которых на леса приходится 33 Гт.

Дальнейший прогресс в точности оценок запасов углерода может быть обеспечен в первую очередь путем создания базы данных о «живой» фитомассе лесных экосистем (связанной с приходной частью углеродного цикла) и запасах углерода в детритах и почвах (связанных с расходной частью цик-

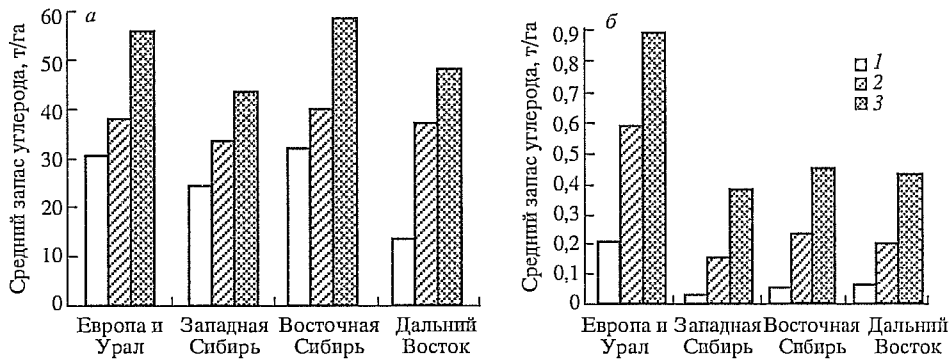


Рис. 4.5. Распределение запасов (*а*) и годичного депонирования (*б*) углерода на 1 га лесов по крупным географическим регионам России (Исаев, Коровин, 1997)

1 – северная полоса, *2* – средняя полоса, *3* – южная полоса

Электронный архив УГЛТУ

ла), которая бы достаточно полно характеризовала лесные экосистемы каждой древесной породы в максимальных эдафических и климатических диапазонах.

4.1.4. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ЭКСТРАПОЛЯЦИЕЙ ДАННЫХ БИОПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НА ПОКРЫТЫЕ ЛЕСОМ ТЕРРИТОРИИ

Проблематика экстраполяции данных биопродуктивности, полученных на пробных площадях, на территориальные комплексы довольно обширна (Уткин и др., 1999; Сухих, Уткин, 2003; Замолодчиков и др., 2005а). Остановимся лишь на некоторых позициях.

В связи с протоколом Киото все страны, подписавшие его, интенсивно ведут исследования по оценке биосферной роли национальных лесов, в частности их роли в глобальном углеродном цикле. В этом направлении имеется много неопределенностей, в частности нет общего принципа разделения лесопокрытых и прочих земель. Так, при оценке глобальных лесных ресурсов на 1990 г. было принято пороговое значение сомкнутости полога 20 %, а тот же показатель на 2000 г. принят равным 10 %, что затрудняет сопоставимость результатов и корректную оценку углерододепонирующей емкости лесов (Global forest resources..., 2001; Matthews, Grainger, 2002).

Сегодня в Европе существует резкая диспропорция между фактологическим и методологическим обеспечением оценок углерододепонирующей способности лесных площадей. С одной стороны, наблюдается небывалый после Международной биологической программы 1960-х гг. «всплеск» публикаций по фактическим данным фитомассы и *NPP* лесных экосистем. С другой стороны, европейские страны, подписавшие протокол Киото, спешат доказать положительный вклад лесов страны в углеродный баланс, не особенно заботясь о корректности методов экстраполяции эмпирических данных фитомассы и *NPP* на лесопокрытую площадь.

На состоявшейся в Праге в июне 2004 г. конференции представителей подписавших протокол Киото европейских стран, посвященной совершенствованию методов инвентаризации парниковых газов, все участники докладывали о положительном вкладе лесов своих стран в углеродный баланс. Доказательная база подобных выводов довольно сомнительна при очевидной нарушенности их природных ландшафтов и неопределенностях методического характера, в частности использовании экспертных оценок (а не корректных количественных методов) при расчетах углеродного цикла лесных экосистем.

При дефиците фактических данных о запасах и продукции фитомассы лесообразующих пород по всем регионам принимаемые в расчетах переводные коэффициенты *углерод фитомассы : запас стволовой древесины* не дифференцируются по древесным породам и представляют собой фактически случайные величины (Schoene, 2002). Это следует из того факта, что переводные коэффициенты для лесов одних и тех же стран, принятые согласно двум разным отчетам – по Рамочной конвенции ООН по изменению климата (UNFCCC) и по глобальной оценке лесных ресурсов ФАО ООН (FRA-2000) – между собой не связаны (рис. 4.6). В подобной ситуации выводы о положительном вкладе лесов Европы в глобальный углеродный цикл (Wirth et al., 2004) могут оказаться преждевременными.

Электронный архив УГЛТУ

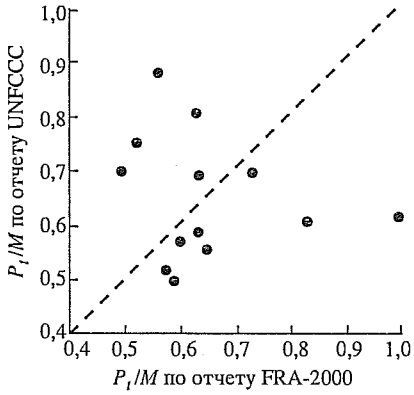


Рис. 4.6. Соотношение переводных коэффициентов (*абсолютно сухая фитомасса насаждений* P_t : *запас стволовой древесины* M, т/м^3) для лесов одних и тех же стран согласно двум разным отчетам: по Рамочной Конвенции ООН по изменению климата (UNFCCC) и глобальной оценке лесных ресурсов ФАО ООН (FRA-2000) (Schoene, 2002)

В России при определении запасов углерода сложился методический подход, согласно которому материалы пробных площадей по оценке фитомассы насаждений совмещаются с материалами ГУЛФ о запасах стволовой древесины на основе пакетов либо моделей переводных коэффициентов (ПК), представляющих собой отношение *фитомасса : запас стволовой древесины* (Макаревский, 1991; Исаев и др., 1993; Алексеев, Бердси, 1994; Усольцев, 1998; Швиденко и др., 2000, 2001). Однако практикуемые методы определения запасов углерода, депонируемого лесными экосистемами, также не лишены недостатков. Например, В.Ф. Цветков и Е.А. Сурина (2003) на основе ПК применительно к насаждениям покрытых лесом площадей и ряда экспертных оценок рассчитывают общие запасы углерода в лесах Архангельской области, затем, опираясь на полученные данные, не исследуя потоки углерода ни в приходной, ни в расходной составляющих углеродного цикла, делают вывод о наличии отрицательного баланса углерода в объеме 2,63 млн т ежегодно!

Еще при зарождении лесной таксации как науки лесоводы понимали, что продуктивность насаждения определяется тремя массообразующими факторами (возраст, добротность местообитания и плотность стояния деревьев), векторы которых ортогональны, т. е. факторы теоретически независимы один от другого. Это понимание создавало предпосылку для планирования эксперимента, как это было сформулировано позднее В.В. Налимовым (1971). Принцип ортогональности факторов соблюдали и составители первых таблиц хода роста древостоев. Единственная проблема была связана с учетом динамики плотности стояния деревьев, поэтому придумали «нормальную полноту» и «нормальные насаждения».

Автором (Усольцев, 1998) было показано и неоднократно подтверждено, что полнота «работает» только по стволу, давая возможность редуцирования запасов вследствие относительной стабильности видового числа, а по кроне «работает» только расчлененная абсолютная полнота, т. е. сочетание густоты и среднего диаметра (Усольцев, 1998). Эти два фактора тесно коррелируют в пределах одного возрастного ряда, но мы работаем с совокупностями насаждений, в которых разбросы средних диаметров при стабильной густоте и наоборот должны быть максимальными и находиться в видоспецифичных диапазонах (при условии соблюдения метода планирования эксперимента).

Неопределенности начались с введения ПК в качестве искомого параметра. В нашей стране идея применения ПК при определении биопродуктивности древостоев принадлежит Л.К. Позднякову с соавт. (1969). Затем А.А. Онучин и А.Н. Борисов (1984) предложили многофакторные уравнения для расчета ПК, полагая, что запас, введенный в уравнение в качестве

Электронный архив УГЛТУ

независимой переменной (наряду с возрастом и классом бонитета), заменяет собой показатель плотности стояния деревьев. Правда, позднее они существенно модифицировали свой подход, по сути отказавшись от использования ПК (Monserud et al., 1996).

Еще в 1980-х гг. нами (Усольцев, 1985) было показано, что ПК имеет смысл использовать лишь для фракций фитомассы, слабо коррелирующих с запасом, т. е. для листвы, ветвей и корней. Для ствола ПК теряет смысл, так как представляет собой базисную (условную) плотность древесины. Поскольку связь базисной плотности с массообразующими показателями отсутствует, принимать ее как постоянную величину нельзя: она дает смещения относительно ее регрессионной оценки, полученной по зависимости *фитомасса ствола ~ объем ствола*, и коэффициент регрессии в таком уравнении лишь колеблется в «окрестностях» единицы, но никогда единице не равен.

В этот же период началась кампания по стыковке фитомассы древостоев с материалами ГУЛФ на основе ПК. Вначале он принимался как значение, среднее для древесной породы (Armentano, Ralston, 1980; Опритова и др., 1982; Аткин, 1994), и подобный подход, как отмечалось выше, до сих пор применяется в европейских странах. Затем ПК стали дифференцировать в связи с возрастом (Макаревский, 1991; Исаев и др., 1993; Алексеев, Бердси, 1994), а в последние годы рассчитывают как функцию основных трех массообразующих показателей – возраста, полноты и класса бонитета (Shepashenko et al., 1998; Швиденко и др., 1999).

Автором (Усольцев, 1998; Усольцев, Сальников, 1998) был структурирован повыдельный банк данных ГУЛФ для одного из лесхозов Свердловской области, и на его основе сделан анализ точности предложенного им варианта с «расщепленной» полнотой в сравнении с другими вариантами при экстраполяции уравнений ПК четырех уровней приближения на лесопокрытую площадь лесхоза. Базовым было многофакторное уравнение связи ПК с возрастом, густотой, средними диаметром и высотой древостоя. Показано, что остальные уравнения дают существенные смещения.

Поскольку, как упоминалось выше, повыдельный банк данных ГУЛФ практически недоступен для пользователей, применяли упрощенные уравнения, адаптированные к сводным данным ГУЛФ. Этот подход автор вынужденно использует и в настоящей работе.

Сегодня сводки ГУЛФ не изменились, но тем не менее появляются «новые идеи», в частности предлагается рассчитывать ПК как функцию только высоты и среднего диаметра древостоя, игнорируя его возраст и густоту (Замолодчиков и др., 2005б). Более того, подобная зависимость противопоставляется уравнению связи ПК с одним только возрастом «с целью более точного определения углеродного пула в фитомассе лесов Российской Федерации» (с. 73). Такое противопоставление лишено смысла: когда учитывали только возраст, то диаметр и высота оказывались спрятанными в общем «шуме» и проявлялись в виде смещений на локальных объектах, где их вклад оказывался иным, чем в исходной совокупности данных. При учете только диаметра и высоты возраст «прячется» в «шуме» и неизвестно, где, как и вообще он проявится ли, если учесть, что диаметр и высота древостоя не фигурируют в сводках ГУЛФ.

Таким образом, сопоставляются модели, построенные в одном случае по одной части, а в другом – по другой части единого комплекса ортого-

Электронный архив УГЛТУ

нальных факторов. Но главная несостоятельность варианта, предлагаемого Д.Г. Замолодчиковым с соавт. (2005б), заключается в игнорировании возраста и густоты – основных характеристик лесного фитоценоза как сложной динамической системы. «Изучая рост древостоев по высоте, диаметру, запасу древесины и пр., – писал К.Е. Никитин (1965), – лесовод учитывает, что числовые значения этих показателей изменяются и зависят от многих причин. Однако при прочих равных условиях изменение их находится в зависимости от возраста насаждений. В этом случае можно сказать, что любой из названных показателей является функцией возраста» (с. 25).

Густоту как одну из определяющих характеристик древостоя при оценке его биологической продуктивности А.И. Бузыкин с соавт. (2002) определяют следующим образом: «...Густоту древесных ценозов необходимо признать базовой, или фундаментальной, структурно-функциональной характеристикой жизни древостоя (онтоценогенеза), существенно детерминирующей в пределах определенных условий среды все остальные параметры – запас древесины и в целом фитомассы, размеры деревьев, структуру древостоя и его морфологию, продукционные процессы и экологические функции» (с. 15). Оба приведенных выше мнения отрицают целесообразность подхода, предлагаемого Д.Г. Замолодчиковым с соавт. (2005б).

Нельзя признать совершенными и некоторые методические подходы к оценке углеродного бюджета лесного покрова в масштабах страны в целом. Например, А.З. Швиденко с соавт. (2001) решают по существу обратную задачу: находят текущие приросты стволовой древесины ($м^3$/га) по общей продуктивности и наличному запасу, взяв производные от последних. Затем по условной (базисной) плотности переводят эти показатели в единицы массы (т/га) и интерпретируют производную по общей продуктивности как *NPP* стволов, а производную по наличному запасу – как *NEP* стволов. Из *NPP* кроны авторы учитывают только скелетную часть, предполагая равенство относительных приростов ствола и ветвей и не учитывая того факта, что вторая величина больше первой в 2–4 раза (Satoo, Madgwick, 1982; Calamini et al., 1989). Разность (*NPP* – *NEP*) принимается А.З. Швиденко с соавт. (2001) как *NPP* отпада в предположении, что гетеротрофное дыхание и отпад взаимно уравновешены (Vogt et al., 1986б), хотя это лишает смысла оценку антропогенных изменений углеродного цикла на уровне *NEP*. В то же время они не учитывают *NPP* корней и листвы, игнорируя тот факт, что только по тонким корням *NPP* может достигать 60–73 % от *NPP* всего насаждения (Grier et al., 1981; Helmisaari et al., 2002).

Для оценки приходной части углеродного цикла и углеродного потока в отпаде фитомассы автором в развитие метода А.А. Молчанова (1971) предлагается концепция решения не обратной, а прямой задачи, во многом сходная с подходом Д.Г. Щепащенко (2005): определяется возрастная динамика раздельно фитомассы и *NPP* по фракционному составу фитомассы на основе баз данных. Интеграл по возрасту от *NPP* дает полную накопленную фитомассу на данный момент времени, а разность этой величины и наличного запаса фитомассы составляет мортмассу, накапливаемую и распределенную по годам в исследуемом возрастном интервале. Почвоведам и микологам остается установить скорость разложения мортмассы по фракционному составу и замкнуть углеродный цикл.

Электронный архив УГЛТУ

Некоторую неопределенность в оценку углерододепонирующей способности насаждений вносит использование усредненного конверсионного коэффициента (КК) *углерод : фитомасса* в абсолютно сухом состоянии. Обычно со ссылками на К.И. Кобак (1988) или Г. Мэтьюса (Matthews, 1993) применяют величину 0,5 для древесных фракций и 0,45 – для листвы и нижних ярусов. В то же время известно, что в состав древесины входят в разных соотношениях целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, протеин, экстрагируемые вещества и зольные элементы, каждый из которых содержит разное количество углерода – от 0,2 до 85 % (Matthews, 1993).

Даже у одной и той же породы, в частности у березы, дуба и сосны, КК варьирует в пределах 10 %. Установлены колебания КК также в связи с положением в стволе (заболонь или ядро), возрастом дерева, видовой принадлежностью, генотипом и географическим положением (Matthews, 1993; Lamlom, Savidge, 2003). Поэтому в последние годы предпринимаются попытки определения КК в локальных условиях для той или иной древесной породы.

Например, в Финляндии в насаждениях березы пушистой (*Betula pubescens*) установлены значения КК для древесины стволов, коры, ветвей и листвы соответственно 0,497; 0,557; 0,523 и 0,521, сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) – 0,518; 0,532; 0,531 и 0,538, ели европейской (*Picea abies*) – 0,509; 0,518; 0,526 и 0,540 (Laiho, Laine, 1997); в Канаде в насаждениях пихты бальзамической (*Abies balsamea*) КК для стволов и ветвей равен 0,52, для корней – 0,50, для хвои – 0,53 (Xing et al., 2005); во Франции в насаждениях сосны приморской (*P. pinaster*) для надземной фитомассы – 0,54, для корней – 0,52 (Bert, Danjon, 2006); в Австралии в насаждениях сосны замечательной (*P. radiata*) для тонких корней, взятых из почвенных кернов, – 0,39 (Gifford, Barrett, 1999).

Рекомендуют вводить значения КК для скелетных и тонких корней отдельно. Поскольку в тонких корнях содержится больше минеральных элементов, но меньше лигнина по сравнению со скелетными корнями, то и КК скелетных корней (около 0,50) существенно выше, чем тонких (около 0,40). Если вместо КК для тонких корней используется КК для скелетных, то результирующей потенциальной систематической ошибкой 25 % уже нельзя пренебрегать (Gifford, 2000).

В результате детальных исследований 23 древесных пород в зоне тропических и умеренных лесов Австралии (как естественных древостоев, так и культур) среднее значение КК для корней, ветвей и древесины ствола (заболони или ядра) установлено равным 0,49±0,01, для разных пород оно варьирует в диапазоне от 0,47 до 0,51, однако между породами различия недостоверны. Для тонких корней (< 2 мм) обезличенный КК равен 0,46, а у конкретной породы он изменяется в зависимости от толщины корней. Например, у груши для мелких, средних и крупных корней КК равны соответственно 0,451; 0,474 и 0,493 (Matthews, 1993), у эвкалипта (*Eucalyptus populnea*) для корней диаметром < 2, 4–10 и > 10 мм – 0,435±0,008; 0,461±0,005 и 0,479±0,006; у сосны замечательной для корней диаметром < 2 и > 5 мм – 0,483±0,004 и 0,504±0,003. При бóльших значениях диаметра корня (от 10 до 300 мм) какой-либо закономерности в изменении КК не обнаружено (Gifford, 2000). Составленная Г. Мэтьюсом (Matthews, 1993) мировая сводка КК для различных древесных пород в разных странах содержит 255 определений.

Электронный архив УГЛТУ

Предложенный выше перечень неопределенностей имеет в основном методологическую ориентацию, нацеленную на повышение точности экстраполяции фактических данных о биопродуктивности на покрытую лесом территорию. И здесь налицо положительная тенденция: если в 1960–1990-е гг. оценки депонирования углерода различались на порядок, то в последние годы уже на уровне нескольких процентов (Швиденко и др., 2000; Уткин и др., 2001; Замолодчиков и др., 2005а).

Хотя при изучении углеродного цикла лесов еще много вопросов, недостаточно проработанных из-за дороговизны исследований, изучение углерододепонирующей способности наземных экосистем остается очень актуальным. По пути от простого к сложному можно будет получать данные, сближающие результаты исследований разных авторов и по разным методикам. Для условий России главным несоответствием остается базовая информация по инвентаризации лесов, которая очень плохо стыкуется с экологической информацией (Уткин и др., 1999; Сухих, Уткин, 2003).

4.2. ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА И ГЕОГРАФИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

В предыдущей монографии (Усольцев, 2001) для основных лесообразующих пород Северной Евразии на основе сформированной базы данных был выполнен анализ возрастной динамики и географии фитомассы насаждений. В настоящем разделе впервые предпринимается попытка совместить возрастные тренды фитомассы и *NPP* с использованием рекурсивной системы регрессионных моделей.

Закладывая пробные площади, исследователи выбирают достаточно репрезентативные типы леса и местоположения, так называемые ключевые участки (Сныткин, 1971; Поздняков, 1975; Москалюк, 1980; Митрофанов, 1984). В Болгарии такие ключевые участки леса, предназначенные для закладки пробных площадей в целях исследования их биопродуктивности, называют представительными насаждениями (Маринов и др., 1983; Нинов, 1986). В этом случае усредненные по регионам показатели биопродуктивности являются характеристиками некоторых наиболее представленных групп типов леса. Подобные группировки пробных площадей близки по смыслу модальным древостоям при инвентаризации лесопокрытых площадей.

В программных материалах МБП наряду с подбором ключевых участков рекомендовалась закладка их серий, представляющих естественные ряды возрастного развития (Программа..., 1974). Поскольку это вызывает резкое возрастание объема работ, рекомендовался подбор по меньшей мере сформировавшихся фитоценозов, находящихся в возрасте их количественной спелости по фитомассе (Программа-минимум..., 1967). И если в накопленных на сегодня данных о фитомассе насаждений репрезентативность местообитаний на пробных площадях в большей или меньшей степени разными авторами соблюдена, то по возрасту и комплексу морфометрических характеристик полога большинство древостоев пробных площадей несопоставимы.

Ранее нами (Усольцев, 1998, 2001) был разработан метод приведения к сопоставимому виду фактических данных о фитомассе насаждений на проб-

Электронный архив УГЛТУ

ных площадях, полученных исследователями разных научных областей в пределах Северной Евразии, с последующим выявлением географических закономерностей распределения фитомассы насаждений. Дано также обоснование принципов выделения регионов (экорегионов).

Бóльшая часть представленного материала относится к территории бывшего СССР. Несмотря на некоторые методические неопределенности и несоответствия, обусловленные специфичными для каждой научной области целями, получен достаточно большой объем фактической информации о фитомассе лесов, чтобы применить математические методы анализа и получить статистически достоверные результаты по географии фитомассы лесов Северной Евразии.

В основу предлагаемой процедуры приведения фактических данных о фитомассе к сопоставимому виду положен метод так называемых блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973), включаемых в многофакторное оценочное уравнение фитомассы наряду с массообразующими независимыми переменными.

Если необходимо количественно описать принадлежность той или иной совокупности пробных площадей к конкретному региону и ранжировать упомянутые совокупности по ряду регионов, то эти совокупности можно закодировать числами натурального ряда, но их нельзя упорядочить. Такие переменные относятся к особому типу, и С.А. Айвазян с соавт. (1985) называют их номинальными. Чтобы «гармонизировать», или согласовать, между собой регрессионные модели фитомассы насаждений для каждого экорегиона, их необходимо объединить в какую-то систему. Подобная система, в которой описание признаков (независимых переменных) можно закодировать, но нельзя упорядочить, получила распространение в эконометрии под названием блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973, 1986, 1987). Подобная методология впервые была использована нами (Усольцев, 1998, 2001) для оценки степени «дистанцирования» показателей фитомассы лесных экосистем по зональному и провинциальному градиентам.

Для обеспечения сопоставимости местоположений по их биопродуктивности необходимо исключить влияние возраста и различий насаждений по морфоструктуре. Поскольку совокупность показателей биопродуктивности в пределах региона сильно варьирует в зависимости от возраста, морфологии полога и добротности произрастания, для обеспечения корректности сопоставлений анализируются не обезличенные совокупности наблюдений, а многофакторные уравнения (4.1), объясняющие изменчивость фитомассы (P_i) или ее переводных коэффициентов (P_i/M) в пределах региона посредством введенных независимых переменных:

$$\ln (P_i/M), \text{ или } \ln P_i = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M), \qquad (4.1)$$

где P_i – фитомасса i-й фракции (P_S, P_{SB}, P_F, P_B, P_R и P_U – соответственно стволов с корой, коры стволов, хвои, ветвей, корней и нижних ярусов растительности) в абсолютно сухом состоянии (т/га); D и H – соответственно средние диаметр (см) и высота древостоя (м); N – число стволов на 1 га, тыс. экз/га; M – запас, м^3/га.

Для лучшего согласования между собой фракций фитомассы лесного ценоза использована рекурсивная «цепочка» некоторых уравнений вида (4.1), в которой зависимая переменная предыдущего выступает в качестве независи-

Электронный архив УГЛТУ

мой переменной последующего уравнения (Усольцев, 1998). В наших примерах в качестве таких совместно зависимых переменных приняты P_F/M и P_S.

Для территории России разработано множество схем ландшафтного, геоботанического, лесохозяйственного, лесотаксационного, лесоэкономического, лесосеменного, лесопирологического районирований. В целях выявления в пределах каждой лесорастительной зоны (подзоны) провинциальных закономерностей биопродуктивности лесов на зональную схему Н.И. Базилевич (Базилевич, Родин, 1967) нами наложены схемы лесорастительного районирования (Курнаев, 1973; Смагин и др., 1978; Коротков, 1978). При этом провинции, выделенные С.Ф. Курнаевым (1973) на территории Восточной Европы, укрупнены в широтном направлении: в Скандинавско-Русскую включен также юг Русской равнины, в Восточную часть Русской равнины – Западно-Казахстанская провинция, а в Западно-Сибирскую вошла Восточно-Казахстанская провинция.

4.2.1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ СОСНЯКИ

В предыдущей работе (Усольцев, 2001) данные о фитомассе сосняков приводятся в целом, т. е. без подразделения их на естественные и искусственные, хотя степень наполненности базы данных о фитомассе тех и других была достаточной для подобного разделения. В настоящей работе этот недочет предполагается исправить, т. е. разделить базу данных о фитомассе и *NPP* сосняков на две части в соответствии с их происхождением.

Вначале из смешанной сводки извлекается исходный массив данных только для естественных сосняков. Он позаимствован из 182 литературных источников, включает экспериментальные показатели фитомассы по фракциям (ствол, ветви, хвоя, корни, нижние ярусы) и запаса стволовой древесины, а также основные массообразующие показатели, и состоит из 1202 определений для сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. (провинции Среднеевропейская, Скандинавско-Русская, восток Русской равнины, Уральская, Западно-Сибирская, Среднесибирская, Восточно-Сибирская, Забайкальская, Алтае-Саянская), 11 – для сосны черной *P. nigra* Arn. (Среднеевропейская), 2 – для сосны приморской *P. pinaster* (Sol.) Ait. (Среднеевропейская); 5 – для сосны крючковатой *P. hamata* D. Sosn. (Причерноморская) и 3 – для сосны густоцветной *P. densiflora* S. et Z. (Япония).

Экспериментальные данные после их нанесения на схему зонально-провинциального деления распределились по 31 региону (рис. 4.7). Территория Северной Евразии характеризуется довольно сложным и разнообразным рельефом (рис. 4.8 на вклейке), и география биопродуктивности должна анализироваться не только по зональному и провинциальному градиентам, но и по высотному. Однако в базу данных не включены характеристики вертикальной составляющей местоположения пробных площадей: как правило, высоту над уровнем моря не фиксировали, но ее ориентировочные значения по мере надобности могут быть получены по приводимым в базе координатам.

Выделенные регионы закодированы блоковыми фиктивными переменными X_0, ..., X_{30}, которые включены в уравнения (4.1), чтобы установить степень отличий показателей фитомассы каждого региона от базового, соответствующего естественным соснякам подзоны широколиственных лесов Западной Европы. Эти отличия количественно характеризуются кон-

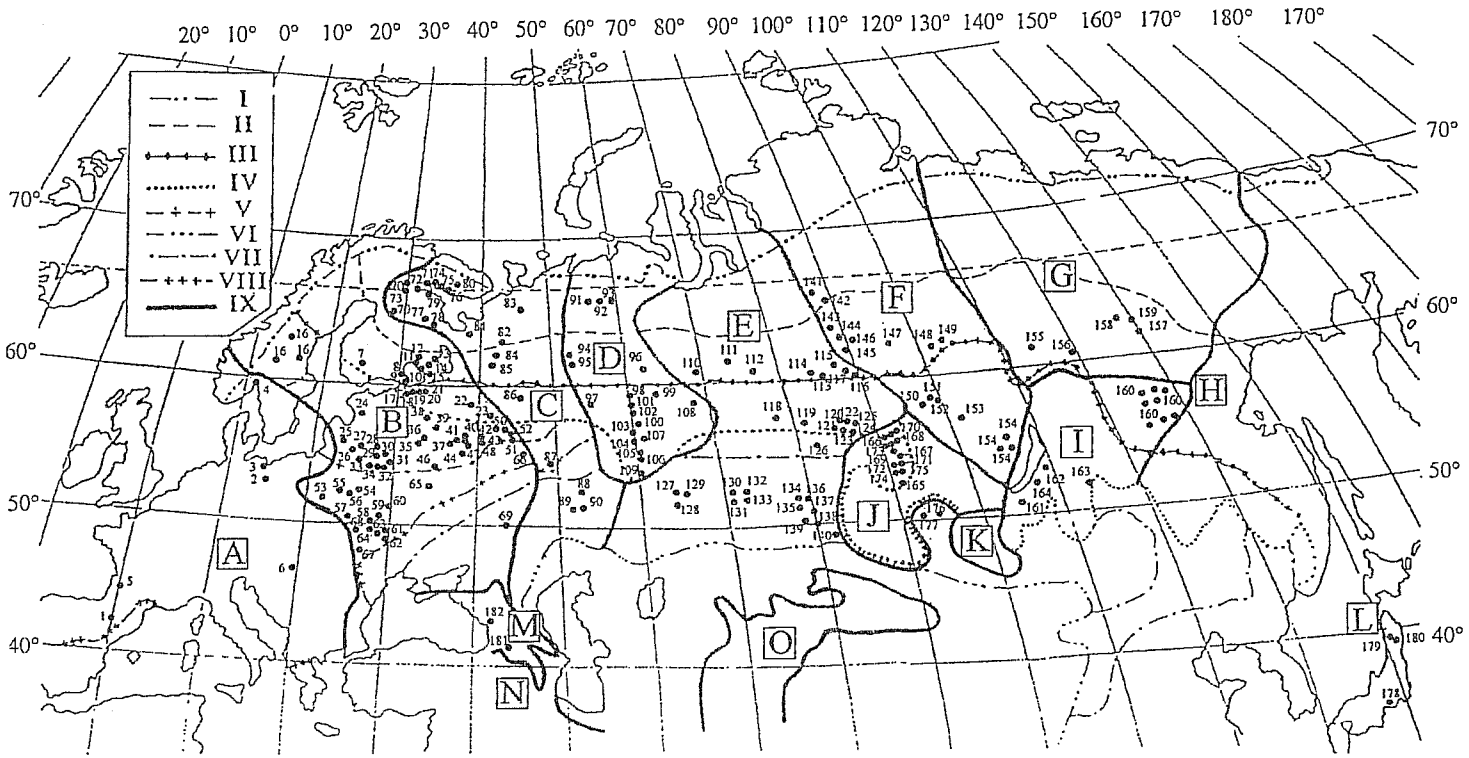


Рис. 4.7. География экспериментальных данных о фитомассе естественных сосняков.

Здесь и далее I–VII – южная граница: I – тундры, II – подзоны северной тайги, III –подзоны средней тайги, IV – подзоны южной тайги, V – хвойно-широколиственных лесов, VI – лесостепи, VII – степи (Базилевич, Родин, 1967); VIII – юго-восточная граница широколиственных лесов; IX – границы лесохозяйственных провинций (Курнаев, 1973; Смагин и др., 1978; Коротков, 1978): A – Среднеевропейская, B – Скандинавско-Русская (включая юг Русской равнины), C – Восток Русской равнины (включая Западно-Казахстанскую провинцию на юге), D – Уральская, E – Западно-Сибирская (включая Восточно-Казахстанскую провинцию на юге); F – Среднесибирская, G – Восточно-Сибирская, H – Дальний Восток, I – Забайкальская горная, J – Алтае-Саянская горная, K – Центрально-Хангайская, L – Японские острова, M – Причерноморская, N – Кавказско-Малоазиатская, O – Памиро-Тяньшаньская. Каждая точка на схеме соответствует одной или нескольким территориально сближенным пробным площадям, а ее номер – позиции в базе данных

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

стантами при блоковых фиктивных переменных соответствующих регионов в многофакторных уравнениях:

$$\ln(P_i/M), \text{ или } \ln P_i = f(X_0, \ldots, X_{30}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M). \qquad (4.2)$$

Такой прием предопределяет не всегда очевидную согласованность, или гармонизацию регрессионных трендов биопродуктивности разных регионов, что, безусловно, не совсем корректно, но иного способа привести показатели продуктивности к сопоставимому виду пока, по-видимому, нет. Схема кодировки регионов и некоторых видов сосен в их пределах блоковыми фиктивными переменными ($X_0, \ldots, X_{30}$) приведена в табл. 4.1, а характеристика уравнений (4.2) – в табл. 4.2, которая подтверждает их достаточную адекватность фактическим данным ($R^2 = 63–98$ %).

При расчете уравнения (4.2), включающего блоковые переменные, устанавливается степень «дистанцирования», или отличия показателей фитомассы каждого региона от исходного. Выводится и количественный критерий данного отличия, характеризуемый константой при блоковой переменной для того или иного региона (см. табл. 4.2).

В табл. 4.2 из констант при показателях A, D, H, N, P_F/M и P_S приведены лишь значимые на уровне не ниже t_{05}. И напротив, при блоковых фиктивных переменных показаны все константы независимо от уровня их значимости, поскольку цель расчета констант состоит не в выявлении достоверности отличия данного региона от исходного, а в упорядочении и ранжировании всех регионов по исследуемому показателю. В этом случае статистическая значимость переменных, как и свободного члена уравнения, не играет роли, а отсев малозначимых блоковых переменных означал бы игнорирование принципа непрерывности при моделировании экологических явлений (Нильсон, 1978).

Использование блоковых фиктивных переменных обеспечивает согласованный (без пересечений) ход возрастных трендов фитомассы и в конечном счете – их унификацию, или «гармонизацию» (термин см.: Jacobs, Cunia, 1980), по зональному и провинциальному градиентам. Правда, в отличие от местных ТХР, при этом игнорируются некоторые региональные особенности возрастных трендов, но зато появляется возможность сопоставления запасов фитомассы насаждений заданного возраста хотя бы в первом приближении.

Уравнения (4.2) работают по принципу «Что будет, если...?» и обеспечивают сопоставимость фракционного состава фитомассы разных экорегионов, если в эти уравнения подставить какие-то средние значения A, H, D, N и M. Но значения морфометрических (массообразующих) показателей древостоев не являются общими для всех экорегионов, а изменяются при переходе от одного к другому. Поэтому вначале необходимо выявить различия регионов по каждому из массообразующих показателей H, D, N и M, объединенных в некоторую систему рекурсивных уравнений.

Известно, что продуктивность древостоя определяется по соотношению его возраста и высоты. Поэтому в качестве базовой в рекурсивной системе нами принята зависимость $H = f(A)$, дифференцированная по регионам блоковыми фиктивными переменными. Следующий морфометрический показатель – средний диаметр дерева D – зависит не только от возраста, но и от средней высоты. Поэтому рассчитывается 2-факторная зависимость $D = f(A,H)$, так же,

Таблица 4.1

Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных о фитомассе естественных сосняков (*Pinus sylvestris, P. pinaster, P. nigra, P. densiflora, P. sosnowskii*)

Регион*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}	X_{20}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}	X_{28}	X_{29}	X_{30}
СЕш (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СЕш (*P. pinaster*)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СЕш (*P. nigra*)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРср (*P. sylvestris*)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРхш (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРш (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРст (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРсев (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРср (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРш (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРст (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРсев (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРср (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСср (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСлс (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСст (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ССсев (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ССср (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ССюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВСср (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗБср (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ЗБюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
АСюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
АСлс (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ЯПхш (*P. densiflora*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ПЧсуб(*P. sosnowskii*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ПЧсуб (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ПЧсуб (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

* Обозначения регионов здесь и в других таблицах: СЕш – Среднеевропейская провинция, широколиственные леса; СРср – Скандинавско-Русская провинция, средняя тайга; СРюж – то же, южная тайга; СРхш – то же, хвойно-широколиственные леса; СРш – то же, широколиственные леса; СРст – то же, степь; ВРсев – Восток Русской равнины, северная тайга; ВРср – то же, средняя тайга; ВРюж – то же, южная тайга; ВРш – то же, широколиственные леса; ВРст – то же, степь; УРсев – Уральская провинция, северная тайга; УРср – то же, средняя тайга; УРюж – то же, южная тайга; ЗСср – Западно-Сибирская равнинная провинция, средняя тайга; ЗСюж – то же, южная тайга; ЗСлс – то же, лесостепь; ЗСст – то же, степь; ССсев – Среднесибирская плоскогорная провинция, северная тайга; ССср – то же, средняя тайга; ССюж – то же, южная тайга; ВСср – Восточно-Сибирская горно-равнинная провинция, средняя тайга; ЗБср – Забайкальская горная провинция, средняя тайга; ЗБюж – то же, южная тайга; АСюж – Алтае-Саянская горная провинция, южная тайга; АСлс – то же, лесостепь; ЯПхш – Япония, Хонсю, хвойно-широколиственные леса; ПЧсуб – Причерноморская провинция, субтропики.

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.2

Характеристика уравнений (4.2) для естественных сосняков

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные				
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4
$\ln(P_S)$, т/га	–0,8119	0,3291	–0,0506	0,0142	–0,0022
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,7497	0,3148	0,0828	0,0828	–0,1526
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	1,3109	0,5541	0,0364	0,0067	0,2957
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,3046	–0,1840	–0,0694	–0,2801	–0,3154
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–2,3055	–0,1403	–0,7799	–0,7799	–0,6415
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	1,3718	1,1317	1,1317	1,1317	1,1018
Зависимые переменные	a_5X_5	a_6X_6	a_7X_7	a_8X_8	a_9X_9
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0518	–0,0084	–0,1056	–0,0363	0,0847
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,1254	–0,1196	–0,1196	–0,1642	–0,2234
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	–0,0763	0,0267	–0,047	–0,045	0,0961
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,2110	–0,2984	–1,1255	–0,2659	–0,3788
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–0,4210	–0,4825	–0,8948	–0,7977	–1,2645
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	1,1717	0,4177	1,0233	1,0233	0,4659
Зависимые переменные	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$	$a_{12}X_{12}$	$a_{13}X_{13}$	$a_{14}X_{14}$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0993	–0,0993	–0,0741	–0,0741	–0,121
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,2234	0,1054	0,1054	0,1054	–0,0254
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	0,1465	–0,1042	0,3168	0,578	0,2928
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,2141	–0,2141	–0,3288	–0,3288	–0,4249
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–0,6258	–1,6397	–0,9639	–0,3001	–0,5093
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–0,2853	–0,2853	1,6563	1,6563	1,2009
Зависимые переменные	$a_{15}X_{15}$	$a_{16}X_{16}$	$a_{17}X_{17}$	$a_{18}X_{18}$	$a_{19}X_{19}$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,1199	–0,1836	–0,0046	–0,1537	–0,0459
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,3789	0,1116	–0,5086	0,0547	0,015
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	0,0095	0,2969	–0,0157	0,1129	0,0257
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,2078	–0,7722	–0,1842	–0,4768	–0,4080
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–0,4705	–1,0779	–0,5201	–0,6466	–0,7168
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	0,3707	–0,5022	0,3875	–0,9212	–1,3835
Зависимые переменные	$a_{20}X_{20}$	$a_{21}X_{21}$	$a_{22}X_{22}$	$a_{23}X_{23}$	$a_{24}X_{24}$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0669	–0,0275	–0,1806	–0,1126	0,1392
$\ln(P_{SB})$, т/га	0,0585	0,2806	–0,0208	0,0136	0,208
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	–0,0100	–0,1292	–0,2578	0,0247	0,0646
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,3471	–0,3295	–0,3371	–0,5936	–0,4724
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–0,6789	–0,9238	–0,3890	–0,9381	–0,9381
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–0,1193	–0,7059	–0,4265	–1,5889	0,8071

Электронный архив УГЛТУ

Окончание табл. 4.2

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные				
	$a_{25}X_{25}$	$a_{26}X_{26}$	$a_{27}X_{27}$	$a_{28}X_{28}$	$a_{29}X_{29}$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,1516	–0,1428	–0,108	0,0334	0,3536
$\ln(P_{SB})$, т/га	0,208	0,0966	–0,0088	–0,0088	–0,0933
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	0,1014	–0,5108	0,0873	–0,1288	0,1588
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,0633	–0,4346	–0,3479	0,0916	0,4368
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–0,4900	–0,7826	–0,8271	–0,2096	–0,2096
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–0,0445	0,3733	–0,1705	–0,1705	–0,1705

Зависимые переменные	$a_{30}X_{30}$	$a_{31}(\ln A)$	$a_{32}(\ln A)^2$	$a_{33}(\ln M)$	$a_{34}(\ln D)$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0033	0,0569	–	0,9658	–
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,0933	–	–	–	–0,1383
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	0,3881	–0,3335	–	–	–
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	0,0015	–	–	–	0,5636
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–0,3236	0,8088	–0,0772	–	0,2987
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–0,1705	0,8489	–	–	–1,9299

Зависимые переменные	$a_{35}(\ln N)$	$a_{36}(\ln H)$	$a_{37}(\ln P_S)$	$a_{38}(\ln P_F/M)$	R^2	SE
$\ln(P_S)$, т/га	–	–	–	–	0,981	0,139
$\ln(P_{SB})$, т/га	–	–0,2682	0,8968	–	0,840	0,248
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	–0,2467	–1,3133	–	–	0,866	0,324
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,0815	–0,5424	–	0,6493	0,767	0,274
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–	–0,7484	–	–	0,625	0,233
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–1,0112	–1,4797	–	–	0,714	0,845

как и предыдущая, дифференцированная по регионам блоковыми фиктивными переменными. Региональные особенности последней зависимости характеризуются соответствующим набором констант при блоковых переменных, и эти зависимости накладываются в рекурсивной последовательности на различия регионов по зависимости $H = \mathrm{f}(A)$.

Еще один морфометрический показатель – число стволов на 1 га (N) – описывается уравнением зависимости уже от трех факторов: $N = \mathrm{f}(A, H, D)$. Эта зависимость также дифференцируется блоковыми фиктивными переменными, и ее региональные различия кумулятивно накладываются на предыдущий результат, т. е. на рекурсивную систему $H = \mathrm{f}(A) \rightarrow D = \mathrm{f}(A, H)$. Завершается последовательность соотношением $M = \mathrm{f}(A, H, D, N)$.

Таким образом, рекурсивный принцип построения регрессионной системы обеспечивает последовательное накопление региональных различий в возрастной динамике массообразующих показателей и запасов стволовой древесины по цепочке взаимозависимых уравнений:

$$\ln H = \mathrm{f}(X_0, \ldots, X_{30}, \ln A) \rightarrow \ln D = \mathrm{f}(X_0, \ldots, X_{30}, \ln A, \ln H) \rightarrow \ln N =$$

$$= \mathrm{f}(X_0, \ldots, X_{30}, \ln A, \ln H, \ln D) \rightarrow \ln M = \mathrm{f}(X_0, \ldots, X_{30}, \ln \mathrm{A}, \ln H, \ln D, \ln N). \quad (4.3)$$

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.3

Характеристика уравнений (4.3) для естественных насаждений сосны

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные							
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4	a_5X_5	a_6X_6	a_7X_7
ln(*H*), м	–2,5992	0,8496	–0,0,629	–0,1267	0,0024	0,0829	0,1055	0,0617
ln(*D*), см	0,2265	0,6673	0,2785	–0,1753	0,0020	–0,0191	–0,0172	0,3801
ln(*N*), тыс. шт/га	3,4240	–0,3876	0,1038	–0,1716	–0,2506	–0,1342	–0,1747	–0,0267
ln(*M*), м³/га	–1,3720	–0,4264	–1,0496	–0,0579	–0,1646	–0,1027	–0,0450	0,2556
Зависимые переменные	a_8X_8	a_9X_9	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$	$a_{12}X_{12}$	$a_{13}X_{13}$	$a_{14}X_{14}$	$a_{15}X_{15}$
ln(*H*), м	–0,5815	–0,1070	0,1027	–0,0997	–0,1351	–0,4914	–0,2334	–0,1707
ln(*D*), см	–0,1038	–0,2186	–0,1268	0,0683	0,2402	–0,1065	–0,1091	–0,1849
ln(*N*), тыс. шт/га	–0,2164	–0,3972	–0,2104	–0,1620	0,1597	–0,3171	–0,0368	0,0834
ln(*M*), м³/га	–0,0850	–0,0040	–0,0690	0,1712	–0,1550	–0,3474	–0,0798	–0,0225
Зависимые переменные	$a_{16}X_{16}$	$a_{17}X_{17}$	$a_{18}X_{18}$	$a_{19}X_{19}$	$a_{20}X_{20}$	$a_{21}X_{21}$	$a_{22}X_{22}$	$a_{23}X_{23}$
ln(*H*), м	–0,3854	0,0030	0,0791	–0,2311	–0,4322	–0,3601	–0,0790	–0,7677
ln(*D*), см	–0,0611	–0,1547	–0,2170	–0,1483	–0,0218	–0,1308	–0,2210	–0,0570
ln(*N*), тыс. шт/га	–0,2903	–0,0011	–0,0781	0,1583	–0,4949	–0,4490	–0,1325	–0,0598
ln(*M*), м³/га	–0,0742	0,0118	0,1897	–0,0507	–0,0303	–0,0809	–0,0775	–0,0184
Зависимые переменные	$a_{24}X_{24}$	$a_{25}X_{25}$	$a_{26}X_{26}$	$a_{27}X_{27}$	$a_{28}X_{28}$	$a_{29}X_{29}$	$a_{30}X_{30}$	$a_{31}(\ln A)$
ln(*H*), м	–0,3764	–0,1030	–0,0388	0,1239	0,3167	–0,4590	–0,1721	2,0019
ln(*D*), см	–0,1139	–0,1078	–0,0563	–0,0335	0,0635	0,2107	0,2208	–
ln(*N*), тыс. шт/га	–1,0204	0,4449	0,3467	–0,1580	0,2491	0,1914	0,4557	–
ln(*M*), м³/га	–0,2312	–0,5087	0,0877	–0,0101	–0,0275	–0,0671	0,2330	0,0658
Зависимые переменные	$a_{32}(\ln A)^2$	$a_{33}(\ln D)$	$a_{34}(\ln D)^2$	$a_{35}(\ln H)$	$a_{36}(\ln H)^2$	$a_{37}(\ln N)$	R^2	*SE*
ln(*H*), м	–0,1681	–	–	–	–	–	0,788	0,288
ln(*D*), см	0,0355	–	–	0,5023	0,0818	–	0,932	0,190
ln(*N*), тыс.шт/га	–0,0248	–2,7159	0,1286	2,1911	–0,2653	–	0,900	0,377
ln(*M*), м³/га	–	1,0241	–	1,2462	–	0,7041	0,952	0,218

Результаты расчета констант уравнений (4.3) сведены в табл. 4.3. Их независимые переменные объясняют 79–95 % изменчивости массообразующих показателей и запаса древостоев.

Если с помощью системы уравнений (4.2) оценивается степень региональных различий в структуре фитомассы при условии равенства массообразующих показателей, то система (4.3) определяет степень региональных различий самих массообразующих показателей, накапливая вклад каждого из них в конечный результат – запас стволовой древесины. Таким образом, региональные различия запасов фитомассы раскладываются на две составляющие, которым соответствуют две рекурсивные системы уравнений.

Последовательным табулированием рекурсивных систем уравнений (4.3) и (4.2) (см. табл. 4.2 и 4.3) по задаваемым значениям возраста получены возрастные тренды всех массообразующих показателей и запасов фитомассы по каждому региону (Приложение 17).

Электронный архив УГЛТУ

Региональные возрастные тренды массообразующих показателей и фракционного состава фитомассы естественных сосняков не имеют ничего общего с региональными таблицами хода роста фитомассы. Назначение таких обобщенных для вида трендов – приведение древостоев разных возрастов и морфоструктуры к сопоставимому по регионам виду. Назначение местных ТХР или составленных на их основе таблиц биологической продуктивности совершенно иное – отразить региональные особенности хода роста древостоев данного вида. Кроме того, возрастные тренды фитомассы в определенном смысле могут служить в качестве специфичных характеристик вида или, как в данном случае, естественных фитоценозов сосны, и использоваться для сопоставления последних с естественными насаждениями или с культурами других древесных видов.

Анализ итоговых показателей фитомассы подтверждает наличие профиля продуктивности по зональному градиенту. В Скандинавско-Русской провинции запасы фитомассы сосны обыкновенной в возрасте 100 лет закономерно возрастают от таежной до степной зон, составляя в тайге, хвойно-широколиственных лесах и широколиственных лесах, а также в степи соответственно 168, 205, 218 и 236 т/га. В сосняках Западно-Сибирской провинции они возрастают от 87 т/га в средней тайге до 251 т/га в лесостепи, снижаясь далее к югу до 170 т/га. Для профиля продуктивности в Среднесибирской провинции характерно закономерное нарастание запасов фитомассы в подзонах северной, средней и южной тайги (соответственно 88, 93 и 160 т/га).

Для аналитического описания географических закономерностей распределения продуктивности фитомассы лесного покрова необходимо определиться с выбором географических характеристик территории Северной Евразии, которые можно было бы выразить числом и мерой. Известно, что основные изменения растительного покрова происходят не только по широтному градиенту вследствие изменения интенсивности солнечной радиации, но и по меридиональному (от морских побережий внутрь континента) в результате изменения континентальности климата и условий увлажнения (Волобуев, 1947; Курнаев, 1973; Назимова, 1995).

Формирование климата в значительной мере связано с характером и интенсивностью теплового взаимодействия материков и океанов и соответствующей трансформацией воздушных масс над поверхностями моря и суши с их различным термическим режимом. В результате взаимодействия воздушных потоков формируются климаты с разной степенью континентальности, переходные между морским и континентальным (Полозова, 1954). Известно более 20 способов количественной оценки степени континентальности (Knoch, Schulze, 1952). Нами (Усольцев, 2003) было показано, что при сопряжении показателей фитомассы с индексами континентальности схема изоконт, построенная А.А. Борисовым (1967) по формуле Ценкера (рис. 4.9), оказалась более приемлемой по сравнению со схемой Л.Г. Полозовой (1954). Формула Ценкера имеет вид

$$K = (A/\varphi)100, \qquad (4.4)$$

где K изменяется в пределах от 8 до 100 %; A – годовая амплитуда температуры, °С; φ – географическая широта, град.

Электронный архив УГЛТУ

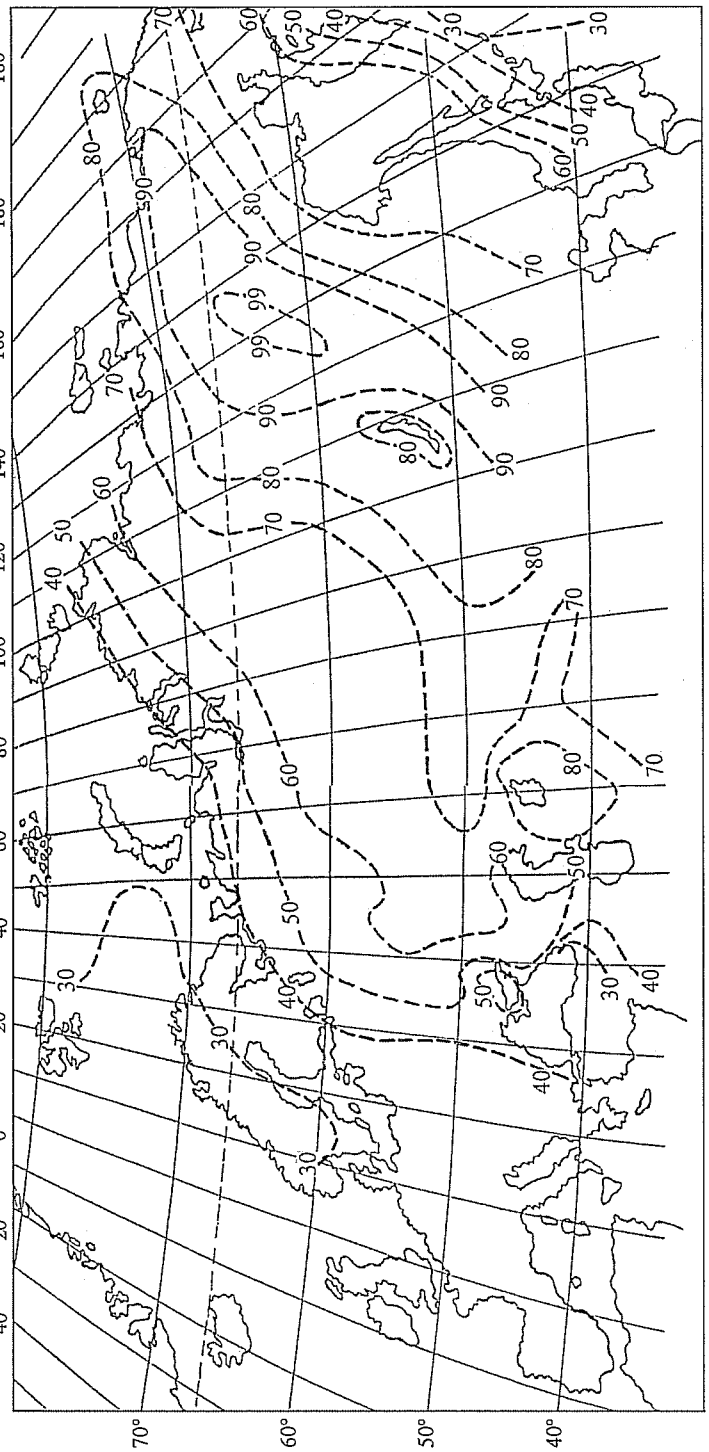


Рис. 4.9. Схема изолиний континентальности климата Евразии, рассчитанных А. А. Борисовым (1967) по упрощенной формуле Ценкера (изоконты указаны в %)

Электронный архив УГЛТУ

Для анализа географии распределения запасов фитомассы в естественных насаждениях сосны мы выбрали для провинциального градиента схему А.А. Борисова, для зонального – схему С. Тукканена (Tuhkanen, 1984) (рис. 4.10). Путем наложения расчетных данных фитомассы сосняков в возрасте 100 лет из Приложения 17 на схемы изоконт и изотерм (см. рис. 4.9 и 4.10) составлена двухвходовая таблица, в которой входами служат значения континентальности климата (IC) и суммы эффективных температур выше +5 °С за вегетационный период в Северной Евразии (T), и рассчитаны уравнения:

$$\ln P_{\text{АВО}} = -8{,}89 + 0{,}66(\ln IC) - 0{,}14(\ln IC)^2 + 6{,}4(\ln T) - 0{,}76(\ln T)^2,$$

$$R^2 = 0{,}64; \qquad (4.5)$$

$$\ln P_{\text{ТОТ}} = -6{,}45 + 0{,}59(\ln IC) - 0{,}14(\ln IC)^2 + 5{,}4(\ln T) - 0{,}62(\ln T)^2,$$

$$R^2 = 0{,}63, \qquad (4.6)$$

где $P_{\text{АВО}}$ и $P_{\text{ТОТ}}$ – расчетные значения соответственно надземной и общей фитомассы естественных сосняков в возрасте 100 лет, т/га; IC – индексы континентальности климата, значения которых взяты со схемы изоконт (см. рис. 4.9); T – сумма эффективных температур выше +5 °С за вегетационный период, значения которой взяты со схемы изотерм (см. рис. 4.10). Оба климатических параметра статистически достоверны. Графическая интерпретация уравнений (4.5) и (4.6) на рис. 4.11 наглядно демонстрирует положительную зависимость фитомассы от суммы эффективных температур и отрицательную – от индекса континентальности. Иными словами, фитомасса естественных сосняков снижается в направлении с юга на север и от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности.

База данных годичной первичной продукции (NPP) естественных сосняков по фракциям (ствол, ветви, хвоя, корни, нижние ярусы) включает информацию о 316 пробных площадях, в том числе 313 – для сосны обыкновенной, 1 – для сосны средиземноморской (пинии) в Среднеевропейской провинции и 2 – для сосны густоцветной в Японии. Величины NPP заимствованы из 82 литературных источников (см. Приложение 16). Они сопровождаются соответствующими показателями фитомассы и полной таксационной характеристикой пробных площадей. Экспериментальные данные 313 определений для сосны обыкновенной после нанесения на схему зонально-провинциального деления территории распределились по 16 регионам (рис. 4.12).

Следует особо отметить, что точность определения первичной продукции на пробных площадях была разной, поскольку применялись разные методики: по надземной части – методы как среднего дерева, так и ступеней толщины, по подземной – методы площади питания среднего дерева, малых или больших почвенных монолитов; корни как отмывались, так и отбирались вручную, с отсеиванием или без него; мелкая фракция корней иногда вообще не учитывалась. Имела место и неопределенность с разделением фитомассы на надземную и подземную, поскольку точку гипокотиля (начала роста) обычно не устанавливали, и в подземную фитомассу включали весь пень, куда входила и какая-то часть ствола.

Электронный архив УГЛТУ

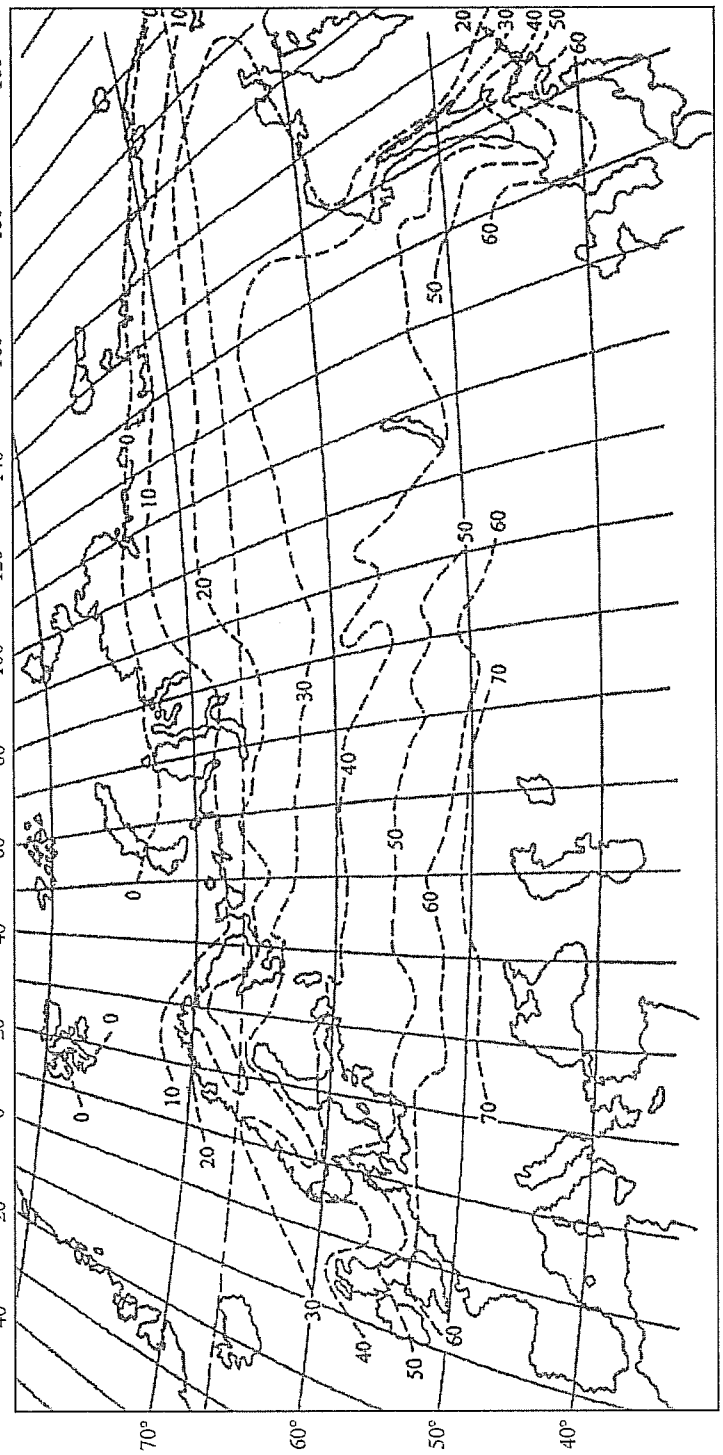


Рис. 4.10. Карта-схема распределения среднемесячных значений суммы эффективных температур выше +5 °С (цифры на кривых) за вегетационный период в Северной Евразии (Tuhkanen, 1984)

Электронный архив УГЛТУ

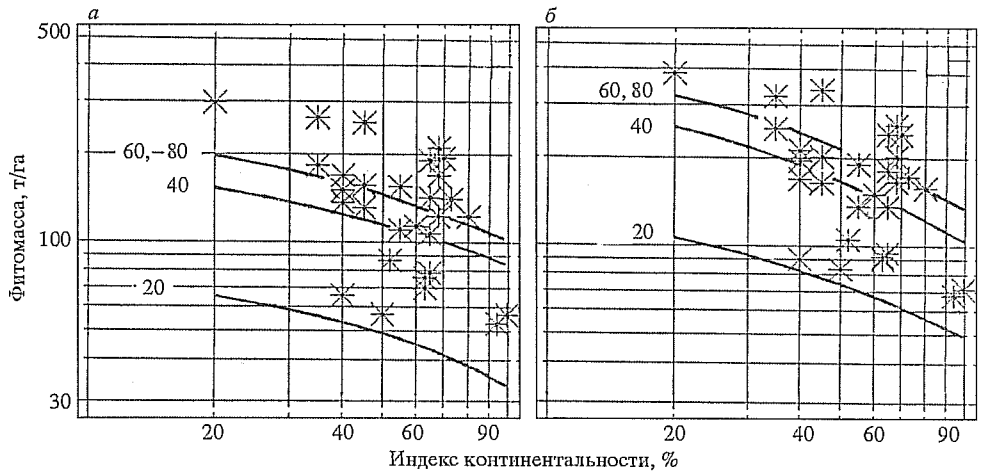


Рис. 4.11. Связь расчетных показателей надземной (*а*) и общей (*б*) абсолютно сухой фитомассы естественных сосняков с индексом континентальности климата (%) и суммой эффективных температур. Здесь и далее цифры у кривых – °С

В базу данных включены показатели *NPP* не только основных (собственно древостоя), но и нижних ярусов: подлеска, подроста и напочвенного покрова. Наличие или отсутствие каждого из нижних ярусов в отдельности определяется многими факторами, которые в базе данных учесть не представляется возможным. Кроме того, не все исследователи ставили целью учесть все нижние ярусы, тем более с разделением их фитомассы на надземную и подземную. Последняя часто игнорировалась или включалась в продукцию корней древостоя. Поэтому в базу данных введен общий для всех нижних ярусов показатель продукции. Другая неопределенность, связанная с названным показателем *NPP*, – отсутствие разграничения между пробными площадями, где нижние ярусы не были учтены, и площадями, где они отсутствовали вследствие высокой сомкнутости полога либо из-за специфичных эдафических условий.

Так как не все регионы были обеспечены данными о *NPP* корней и нижних ярусов, значения констант соответствующих блоковых переменных принимали равными таковым для соседних регионов. Этот прием дает какое-то расхождение между фактическим (но пока неизвестным) и рассчитанным (условным) показателем *NPP* корней или нижних ярусов.

Несмотря на рассмотренные выше неопределенности, для естественных сосняков Северной Евразии сформирована наиболее представленная на сегодня база данных об *NPP*. Объем фактической информации позволяет получить на основе применения математико-статистических методов достоверные результаты по *NPP* лесных экосистем и ее географии.

Для разработки системы региональных моделей *NPP* (обозначенных в уравнениях как Z_i) фитомассы все регионы закодированы системой блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973). Схема кодирования приведена в табл. 4.4. Блоковые фиктивные переменные введены в структуру моделей *NPP*, и по каждому из двух упомянутых выше методов рассчитаны следующие системы уравнений общего вида:

Электронный архив УГЛТУ

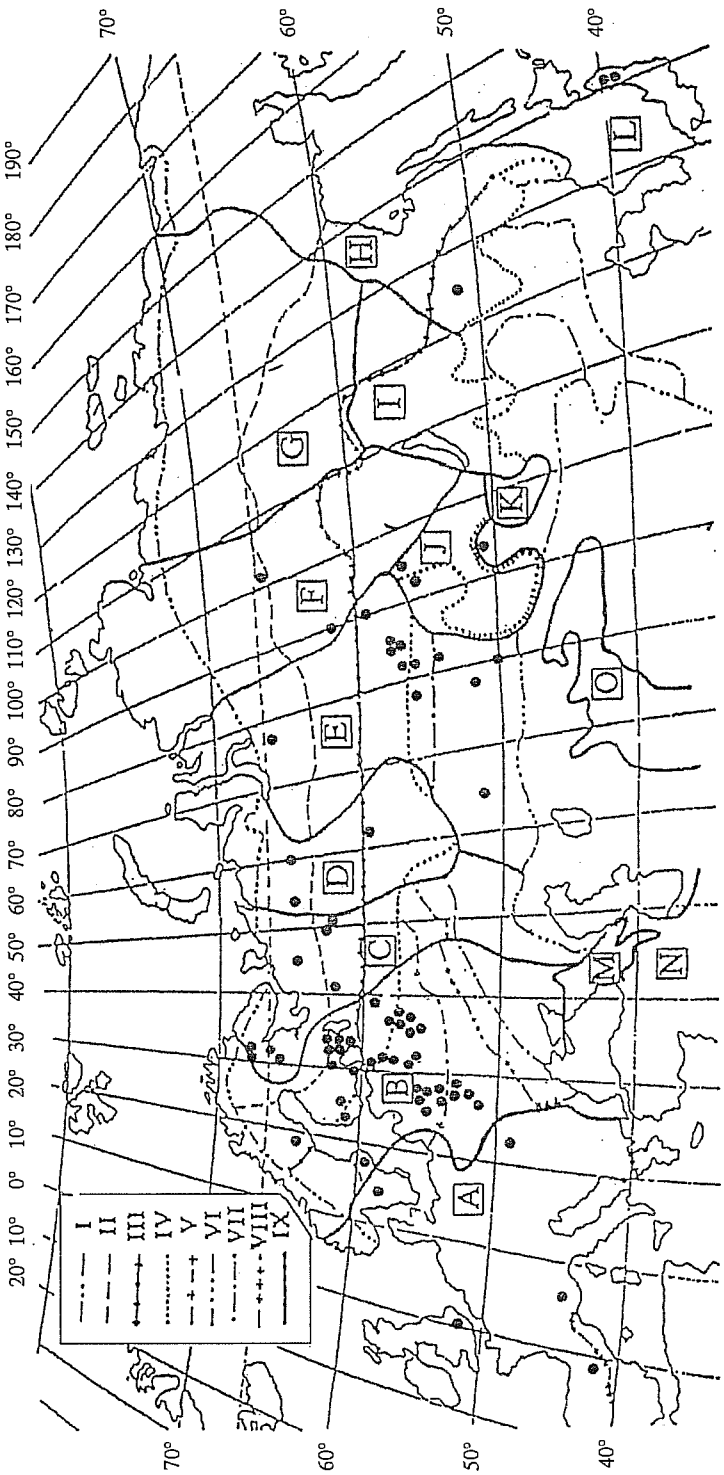


Рис. 4.12. География экспериментальных данных о первичной продукции естественных сосняков Северной Евразии.
Условные обозначения см. на рис. 4.7

Таблица 4.4

Кодировка 16 регионов территории Северной Евразии блоковыми фиктивными перемешными

Регион*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
СЕш (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРср (*P. silvestris*)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРюж (*P. silvestris*)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРхш (*P. silvestris*)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРш (*P. silvestris*)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРсев (*P. silvestris*)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРср (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСср (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСюж (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ЗСлс (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ЗСст (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ССсев (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ССср (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ССюж (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ДВюж (*P. silvestris* var. *mongolica*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
АСлс (*P. silvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

* ДВюж – Дальний Восток, южная тайга. Остальные обозначения регионов см. табл. 4.1.

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

по методу 1:

$$\left.\begin{aligned} Z_S/M = f(X_0, \ldots, X_{15}, 1/A) \rightarrow Z_{SB}/M = f(X_0, \ldots, X_{15}, 1/A) \rightarrow \\ \rightarrow Z_B/M = f(X_0, \ldots, X_{15}, 1/A) \rightarrow Z_F/M = f(X_0, \ldots, X_{15}, 1/A) \rightarrow \\ \rightarrow Z_R/M = f(X_0, \ldots, X_{15}, 1/A) \rightarrow Z_U/M = f(X_0, \ldots, X_{15}, 1/A); \end{aligned}\right\} \quad (4.7)$$

по методу 2:

$$\left.\begin{aligned} \ln Z_S = f(X_0, \ldots, X_{15}, \ln P_F, \ln A, \ln D, \ln H, \ln N) \rightarrow \\ \rightarrow \ln Z_{SB} = f(X_0, \ldots, X_{15}, \ln Z_S, \ln A, \ln N) \rightarrow \\ \rightarrow \ln Z_B = f(X_0, \ldots, X_{15}, \ln P_F, \ln Z_S, \ln A, \ln D, \ln H) \rightarrow \\ \rightarrow \ln Z_F = f(X_0, \ldots, X_{15}, \ln P_F, \ln A, \ln D, \ln N) \rightarrow \\ \rightarrow \ln Z_R = f(X_0, \ldots, X_{15}, \ln P_R, \ln Z_S, \ln H, \ln N) \rightarrow \\ \rightarrow \ln Z_U = f(X_0, \ldots, X_{15}, \ln P_U), \end{aligned}\right\} \quad (4.8)$$

где Z_i – первичная продукция (годичный прирост) фитомассы i-й фракции (стволов в коре, коры стволов, ветвей, хвои, корней и нижних ярусов, соответственно Z_S, Z_{SB}, Z_B, Z_F, Z_R и Z_U) в абсолютно сухом состоянии, т/га.

Результаты расчета уравнений (4.7) и (4.8) по массиву базы данных о *NPP* фитомассы сосняков, включающему 313 определений, приведены в табл. 4.5 и 4.6. Значения коэффициентов детерминации R^2 в таблицах подтверждают изложенные выше выводы о преимуществе второго метода по сравнению с первым: средняя величина R^2 по уравнениям (4.8) выше чем по уравнениям (4.7), на 34 %. Особенно велика разница в точности методов при определении *NPP* корней и нижних ярусов: R^2, полученный по методу 2, выше соответственно в 2,0 и 1,6 раза. Поэтому в дальнейшем используются только уравнения (4.8).

Уравнения (4.8) применены далее для приведения фактических определений *NPP* согласно базе данных к сопоставимому по регионам виду, т. е. по регионам сопоставляются не совокупности данных пробных площадей, а возрастные тренды *NPP* фитомассы, полученные путем совмещения (наложения) моделей (4.8) на возрастные тренды таксационных показателей и показателей фитомассы, рассчитанные выше.

Таким образом, последовательность расчета возрастных трендов *NPP* фитомассы естественных сосняков имеет следующий вид: а) таксационные показатели древостоев, рассчитанные с помощью системы рекурсивных многофакторных зависимостей (4.3), → б) показатели фитомассы, рассчитанные с помощью системы многофакторных зависимостей (4.2), → в) показатели *NPP* фитомассы, рассчитанные по уравнениям (4.8), протабулированным по результатам первых двух этапов. По возрастным трендам таксационных показателей табулируются модели фитомассы насаждений, и в результате имеем возрастные тренды фитомассы. Затем по возрастным трендам таксационных показателей и показателей фитомассы табулируются модели (4.8), в результате чего получаем возрастные тренды *NPP* фитомассы по полному фракционному составу (см. Приложение 17).

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.5

Характеристика уравнений (4.7)

Зависимые переменные (т/м³)	Константы и независимые переменные					
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4	a_5X_5
Z_S/M	0,0116	–0,0140	–0,0124	–0,0104	–0,0143	–0,0168
Z_{SB}/M	–0,0016	0,0008	0,0001	0,0003	–0,00001	–0,0004
Z_B/M	0,0153	–0,0166	–0,0215	–0,0157	–0,0202	–0,0190
Z_F/M	0,0106	–0,0096	–0,0081	–0,0063	–0,0116	–0,0105
Z_R/M	0,0107	–0,0078	–0,0016	–0,0020	–0,0086	–0,0098
Z_U/M	–0,0136	0,0011	–0,0328	0,0242	–0,0083	0,0254

Зависимые переменные (т/м³)	a_6X_6	a_7X_7	a_8X_8	a_9X_9	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$
Z_S/M	–0,0157	–0,0228	–0,0160	–0,0145	–0,0164	–0,0182
Z_{SB}/M	0,0027	0,0004	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027
Z_B/M	–0,0170	–0,0203	–0,0189	–0,0189	–0,0228	–0,0179
Z_F/M	–0,0113	–0,0145	–0,0099	–0,0127	–0,0138	–0,0105
Z_R/M	–0,0087	–0,0125	–0,0108	–0,0018	0,0533	–0,0101
Z_U/M	0,0004	0,0093	0,0093	–0,0152	0,1528	0,0104

Зависимые переменные (т/м³)	$a_{12}X_{12}$	$a_{13}X_{13}$	$a_{14}X_{14}$	$a_{15}X_{15}$	$a_{16}(1/A)$	R^2	SE
Z_S/M	–0,0192	–0,0077	–0,0120	–0,0256	–1,0828	0,732	0,012
Z_{SB}/M	0,0027	0,0027	0,0027	0,0027	0,1622	0,744	0,001
Z_B/M	–0,0195	–0,0194	–0,0187	–0,0221	0,4728	0,699	0,006
Z_F/M	–0,0141	–0,0131	0,0010	–0,0133	0,5347	0,652	0,006
Z_R/M	–0,0106	0,0040	–0,0111	–0,0099	0,2253	0,492	0,018
Z_U/M	–0,0025	–0,0039	–0,0055	–0,0055	1,4678	0,538	0,043

Таблица 4.6

Характеристика уравнений (4.8)

Зависимые переменные (т/га)	Константы и независимые переменные					
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4	a_5X_5
$\ln Z_S$	–0,5968	–0,1422	–0,2554	–0,0206	0,0586	–0,1399
$\ln Z_{SB}$	–1,5150	0,2680	–0,2347	0,1321	0,2360	–0,1380
$\ln Z_B$	–0,0101	–0,0163	–0,6266	0,1231	–0,4457	0,0505
$\ln Z_F$	–0,9659	–0,3557	–0,2648	–0,0075	–0,2091	–0,7086
$\ln Z_R$	1,1351	–0,6150	0,1092	0,3032	–0,5267	–0,5902
$\ln Z_U$	–0,7559	–0,5448	–0,9474	–0,4118	–1,1438	–1,0400

Зависимые переменные	a_6X_6	a_7X_7	a_8X_8	a_9X_9	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$
$\ln Z_S$	–0,6611	–0,8139	–0,1984	–0,2131	–0,4687	–0,8508
$\ln Z_{SB}$	0,5368	–0,1505	0	0	0	0
$\ln Z_B$	–0,0378	–0,5759	–0,1709	–0,0116	–1,4925	–0,2124
$\ln Z_F$	–0,9736	–1,0162	–0,3478	–0,2562	–0,5510	–0,7184
$\ln Z_R$	0,0560	–0,6652	–0,5634	–0,3677	1,5730	0,2445
$\ln Z_U$	–1,1207	–0,4096	–0,4096	–0,6224	–0,6224	–0,3051

Электронный архив УГЛТУ

Окончание табл. 4.6

Зависимые переменные (т/га)	$a_{12}X_{12}$	$a_{13}X_{13}$	$a_{14}X_{14}$	$a_{15}X_{15}$	$a_{16}\ln P_F$	$a_{17}\ln A$	$a_{18}\ln D$
$\ln Z_S$	–0,4972	0,4408	0,0331	–0,6542	0,3018	–1,0077	0,7873
$\ln Z_{SB}$	0	0	0	0	–	–0,1988	–
$\ln Z_B$	–0,2966	–0,8157	–0,9398	0,0234	0,6263	–0,3400	0,3848
$\ln Z_F$	–0,7146	–0,6506	0,5754	–0,9789	0,8005	–0,2558	0,5104
$\ln Z_R$	–0,0288	–1,1709	–0,7732	0,3911	–	–	–
$\ln Z_U$	–0,6945	–0,6519	–0,6519	–0,7937	–	–	–

Зависимые переменные (т/га)	$a_{19}\ln H$	$a_{20}\ln N$	$a_{21}\ln Z_S$	$a_{22}\ln P_R$	$a_{23}\ln P_U$	R^2	SE
$\ln Z_S$	1,0791	0,6183	–	–	–	0,838	0,384
$\ln Z_{SB}$	–	0,1493	0,6562	–	–	0,869	0,305
$\ln Z_B$	–0,4472	–	0,5270	–	–	0,853	0,374
$\ln Z_F$	–	0,2354	–	–	–	0,885	0,217
$\ln Z_R$	–1,0017	–0,3018	1,0377	0,2972	–	0,900	0,456
$\ln Z_U$	–	–	–	–	0,9177	0,841	0,659

Для наглядности распределение *NPP* общей (надземной + подземной) фитомассы естественных сосняков на территории Северной Евразии, взятой из Приложения 17, можно представить в виде карты-схемы. Весь диапазон общего прироста для насаждений возрастом 100 лет разбит на четыре группы (рис. 4.13).

Карта-схема иллюстрирует, как закономерно изменяется *NPP* фитомассы по провинциальному и зональному градиентам. Однако эта закономерность не связана с закономерностью распределения доли площадей сосновых лесов в составе покрытых лесом земель Северной Евразии (рис. 4.14). Иными словами, ареалы наибольшей представленности сосны в составе насаждений не связаны с оптимальными для сосны условиями произрастания, которые характеризуются в данном случае *NPP* фитомассы. Если наибольшая величина *NPP* фитомассы естественных сосняков приходится на зону широколиственных лесов по всей территории Европы, то максимальная представленность сосны (более 40 % по покрытой лесом площади) – на Карелию, среднюю тайгу Урала и Западной Сибири и хвойно-широколиственные леса Европейской России.

Аналогичное несоответствие распределения двух рассмотренных выше показателей характерно и для лиственницы, у которой градиенты продуктивности (Усольцев, 2001) и представленности в покрытой лесом площади (Уткин и др., 2003б) прямо противоположные. Возможно, это несоответствие имеет антропогенные причины либо обусловлено биологической и экологической специфичностью видов.

Однако с общей схемой лесистости территории России (рис. 4.15 на вклейке) карта-схема географического распределения *NPP* коррелирует в большей степени.

Для количественного описания закономерности распределения *NPP* фитомассы сосняков 100-летнего возраста (Z_T, т/га) по провинциальному и зональному градиентам значения *NPP* взяты из Приложения 17 и проанализированы по аналогии с фитомассой, т. е. в связи с индексом континентально-

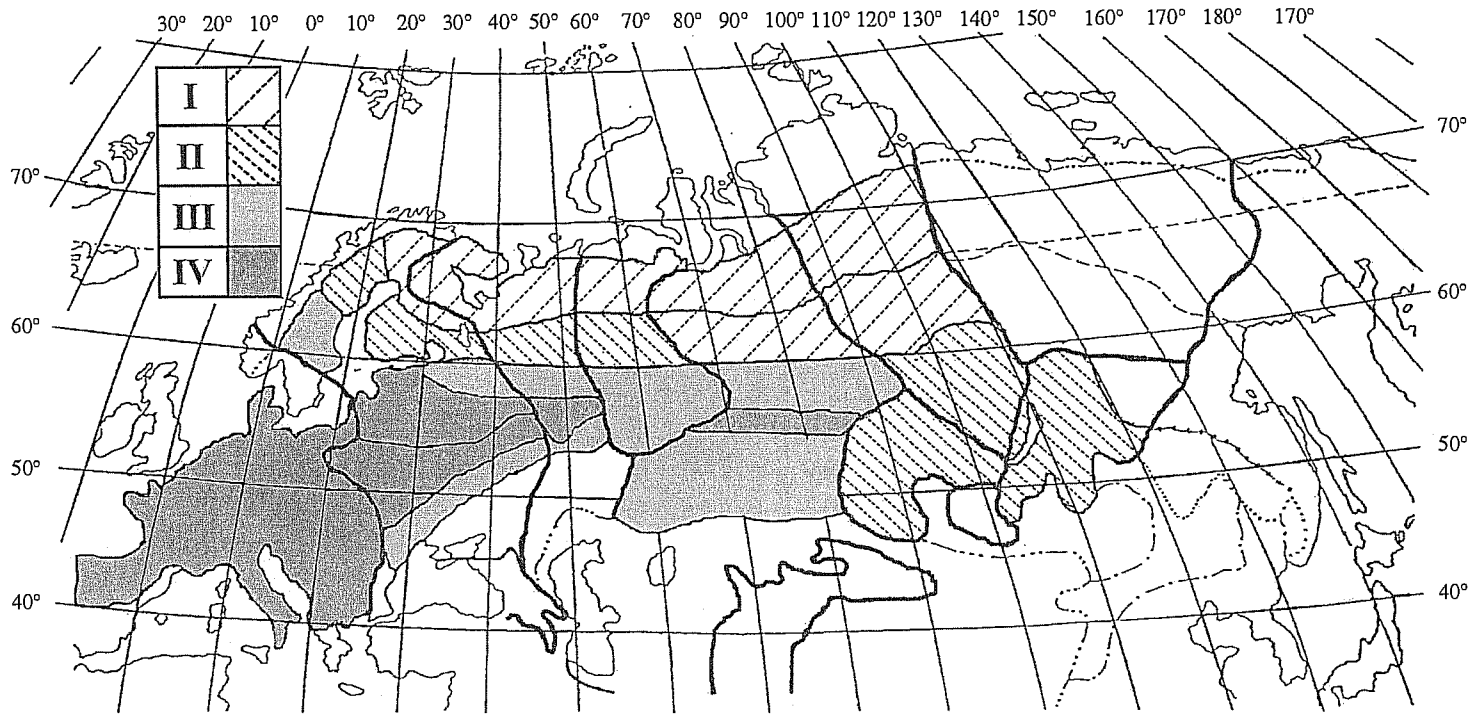


Рис. 4.13. Карта-схема распределения общего годичного прироста фитомассы естественных сосняков в возрасте 100 лет по регионам Северной Евразии.

Диапазоны прироста: I – 2,0–3,5; II – 3,6–5,0; III – 5,1–6,0 и IV – 6,1–8,0 т/га в год

Электронный архив УГЛТУ

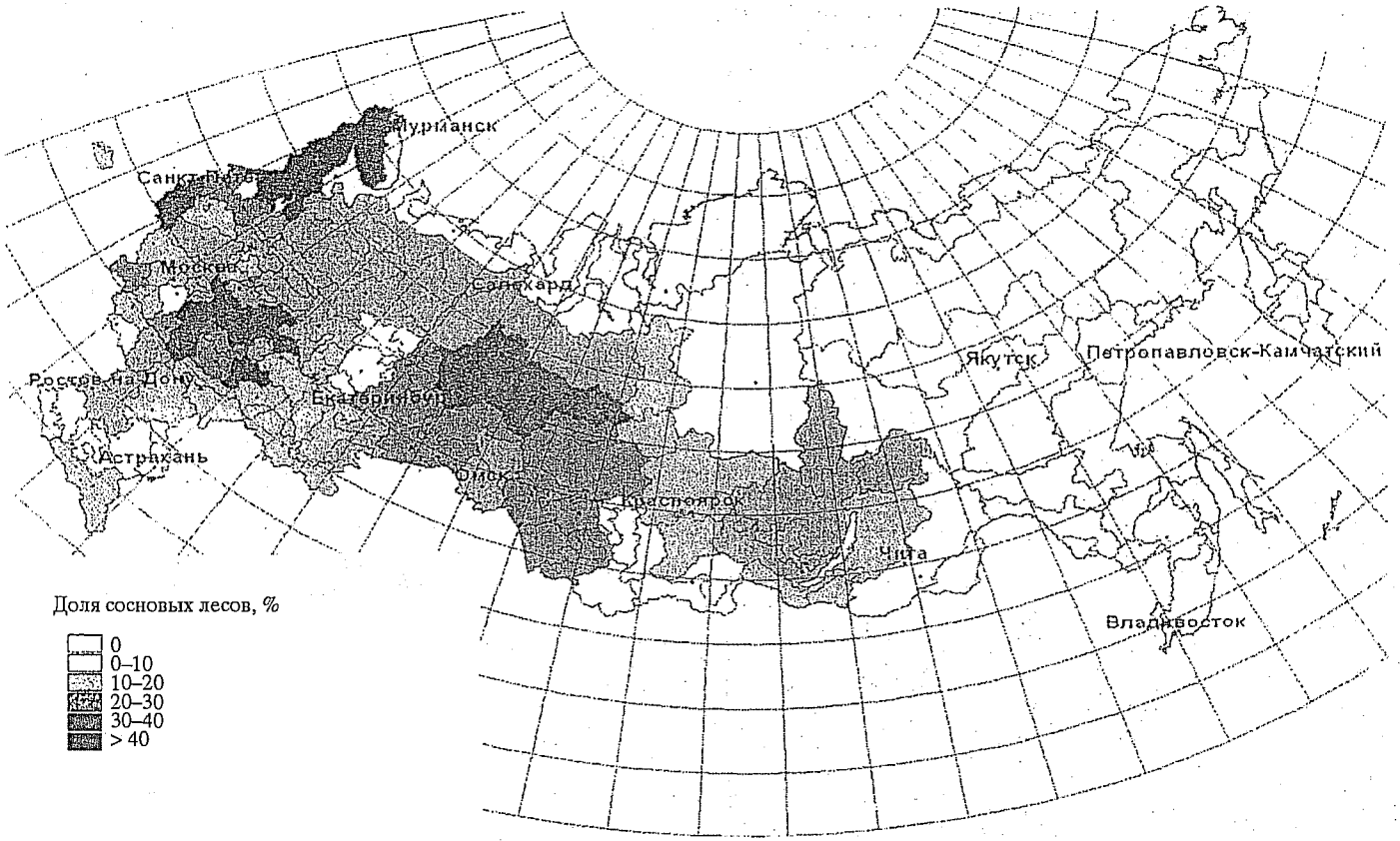


Рис. 4.14. Распределение доли площадей сосновых лесов в составе покрытых лесом земель на территории России (Уткин и др., 2004а)

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.7

Исходная матрица значений для расчета зависимости общей *NPP* (Z_T, т/га) 100-летних сосняков от индекса континентальности (*IC*) и суммы эффективных температур (*T*)

Регион*	*IC*	*T*	Z_T	Регион*	*IC*	*T*	Z_T
СЕш	30	70	7,8	ЗСюж	68	35	5,7
СРср	40	35	5,5	ЗСлс	70	45	6,4
СРюж	40	40	5,3	ЗСст	70	55	5,9
СРхш	40	55	7,9	ССсев	65	22	2,4
СРш	40	60	5,9	ССср	68	30	2,1
ВРсев	50	30	3,3	ССюж	75	40	4,9
УРср	60	35	3,9	АСюж	80	50	4,0
ЗССр	65	30	2,1				

* Обозначения регионов см. в табл. 4.1.

сти климата по Ценкеру (*IC*) (провинциальный градиент) и среднемесячными значениями суммы эффективных температур (*T*) выше +5 °С по Туккенену (Tuhkanen, 1984) (зональный градиент). Значения *NPP* сосняков в возрасте 100 лет сопоставлены со значениями индекса континентальности и суммы эффективных температур, снятыми для соответствующих регионов с карт-схем на рис. 4.9 и 4.10, и составлена табл. 4.7.

Данные табл. 4.7 обработали по программе многомерного регрессионного анализа и получили уравнение

$$Z_T = -1{,}910 - 0{,}0422IC + 0{,}3353T - 0{,}0026T^2;\ R^2 = 0{,}809, \qquad (4.9)$$

константы которого статистически значимы на уровне t_{05}. Графическая интерпретация зависимости (4.9) на фоне экспериментальных данных (рис. 4.16) показывает, что общая *NPP* естественных сосняков изменяется прямо пропорционально сумме эффективных температур и обратно пропорционально индексу континентальности. Закономерность изменения *NPP* естественных сосняков по зональному градиенту укладывается в общую схему снижения *NPP* лесного покрова в направлении от тропиков к полюсам (рис. 4.17).

Таким образом, показатели *NPP* общей фитомассы естественных сосняков, приведенные к сопоставимому виду посредством регрессионного моделирования, в пределах Северной Евразии на статистически достоверном уровне снижаются по мере уве-

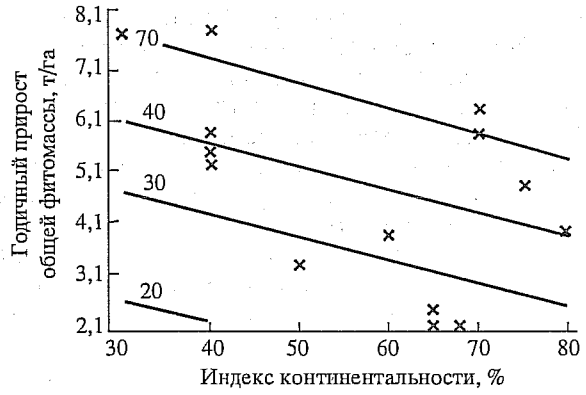


Рис. 4.16. Зависимость *NPP* общей фитомассы естественных сосняков от индекса континентальности по Ценкеру и суммы эффективных температур, рассчитанная по уравнению (4.9)

Электронный архив УГЛТУ

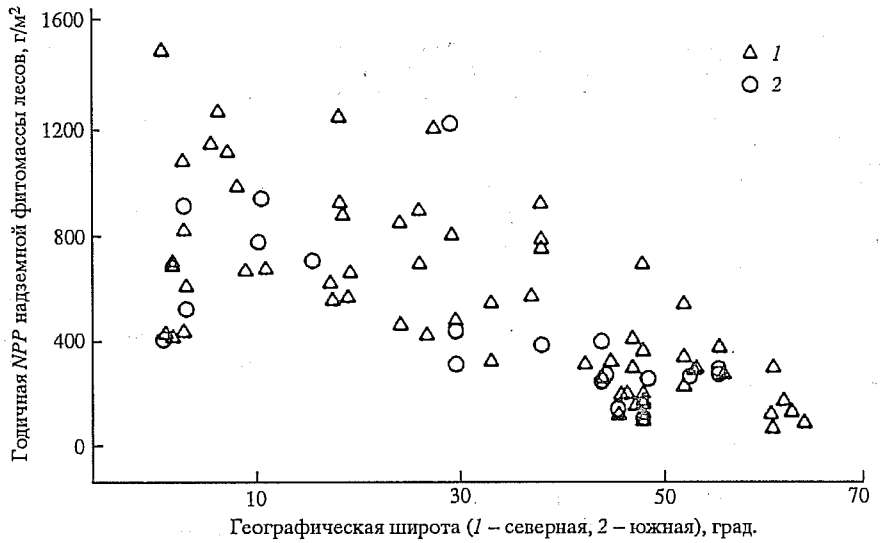


Рис. 4.17. Распределение годичной *NPP* надземной фитомассы лесов от тропиков к полюсам (Anderson et al., 2006)

личения индекса континентальности климата (провинциальный градиент) и возрастают с повышением месячной суммы эффективных температур (зональный градиент).

4.2.2. КУЛЬТУРЫ СОСНЫ

Сформированная нами база данных о фитомассе культур сосны входит в состав общей сводки для сосны Северной Евразии (Усольцев, 2001) и состоит из 880 (включая собственные) определений фракционного состава фитомассы, взятых из 100 литературных источников, в том числе: 800 – для *P. sylvestris* L. (провинции Среднеевропейская, Скандинавско-Русская, Восток Русской равнины, Уральская, Западно-Сибирская, Дальневосточная); 30 – для *P. nigra* Arn. (Среднеевропейская и Причерноморская провинции); 10 – для *P. pithyusa* Stev. (Причерноморская провинция); 4 – для *P. pinaster* (Sol.) Ait. (Причерноморская провинция); 5 – для *P. densiflora* S. et Z. (Япония); 10 – для *P. thunbergii* Parl. (Япония); 9 – для *P. taeda* L. (Япония); 7 – для *P. elliottii* Engelm. (Япония) и единичные определения – для *P. halepensis* Mill. (Кавказско-Малоазиатская провинция, Ирак) и *P. strobus* L. (Япония). Бóльшая часть экспериментальных данных (90 %) приходится на долю *P. sylvestris*. После нанесения на схему зонально-провинциального деления эти данные распределились по 25 регионам (рис. 4.18).

Все регионы закодированы (табл. 4.8) блоковыми фиктивными переменными (Дрейпер, Смит, 1973). Каждый блок переменных (X_0, ..., X_{24}), представляющий группу пробных площадей, приходящуюся на данный регион, повторяется в исходной матрице экспериментальных данных столько раз, сколько имеется пробных площадей в регионе (Усольцев, 1998). За исходный (нулевой) принят уровень продуктивности культур сосны Среднеевропейской провинции, подзоны хвойно-широколиственных лесов юга Шве-

Электронный архив УГЛТУ

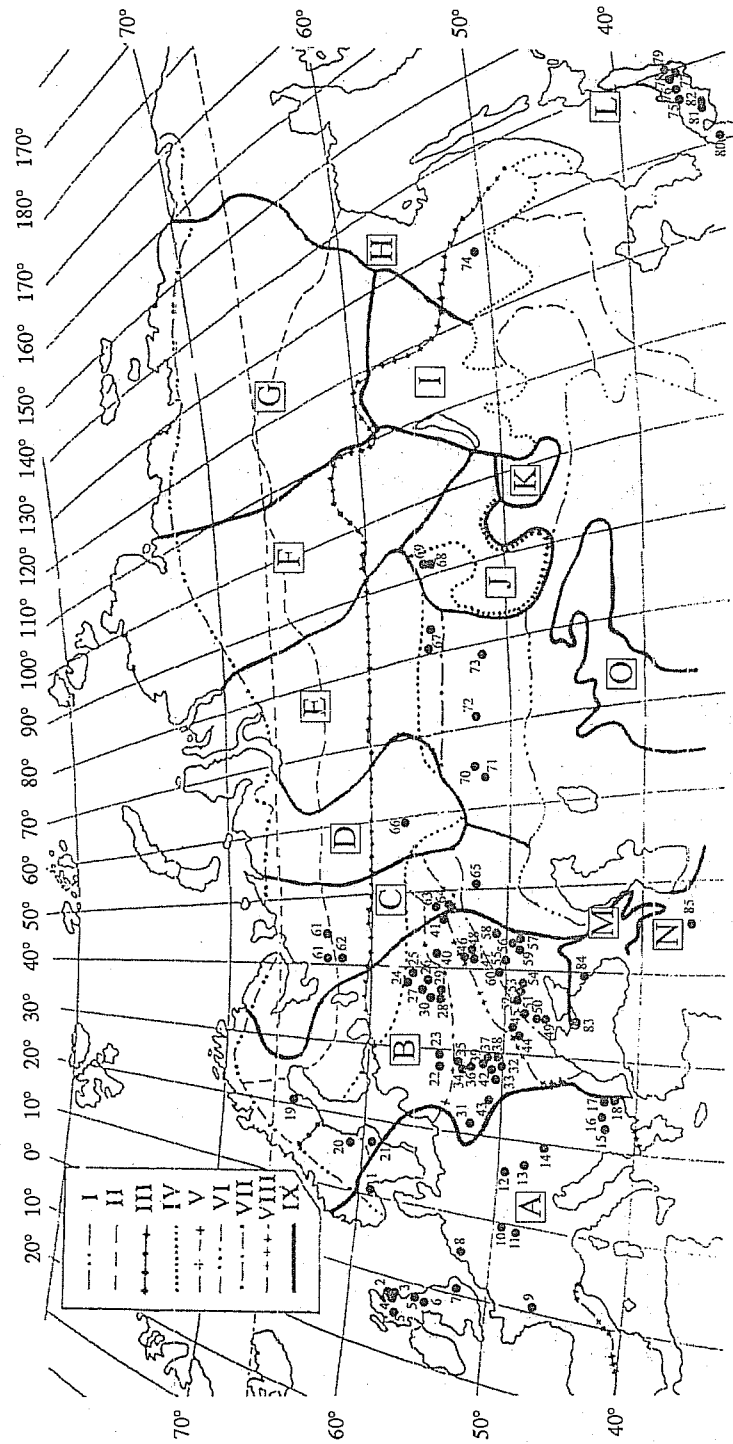


Рис. 4.18. География экспериментальных данных о фитомассе культур сосны.
Условные обозначения см. рис 4.7

Таблица 4.8

Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных о фитомассе культур сосны

Регион*	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}	X_{20}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}
СЕхш (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СЕш (*P. nigra*)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СЕш (*P. sylvestris*)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРср (*P. sylvestris*)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРхш (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРш (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРлс (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРст (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРсев (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРср (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРш (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРст (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСлс (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСст (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ДВюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЯПхш (*P. thunbergii*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ЯПхш (*P. strobus*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ЯПхш (*P. densiflora*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ЯПсуб (*P. taeda*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ЯПсуб (*P. elliottii*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ПЧ (*P. pallasiana*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ПЧ (*P. pithyusa*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ПЧ (*P. pinaster*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
КМ (*P. halepensis*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

* СЕхш – Среднеевропейская провинция, хвойно-широколиственные леса; ДВюж – Дальний Восток, южная тайга; ЯПсуб – Япония, Хонсю, субтропики; ПЧ – Причерноморская провинция; КМ – Кавказско-Малоазиатсткая провинция; остальные обозначения регионов см. табл. 4.1.

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

ции, который закодирован нулями для всех регионов (см. табл. 4.8). Остальные 24 региона имеют в блоке одну единицу. Таким образом уравнения (4.2) модифицированы к виду

$$\ln(P_i/M) \text{ или } \ln P_i = f(X_0, \ldots, X_{24}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M). \qquad (4.10)$$

Приведенные в табл. 4.9 переменные объясняют 71–98 % изменчивости фитомассы и ее переводных коэффициентов, что свидетельствует об адекватности уравнений (4.10).

Система уравнений (4.10) совмещается с возрастными трендами массообразующих показателей и запасов стволовой древесины. В качестве базовой нами принята зависимость $H = f(A)$, дифференцированная по регионам блоковыми фиктивными переменными. Региональные особенности зависимости $D = f(A, H)$ характеризуются также соответствующим набором констант при блоковых переменных, и эти зависимости накладываются в рекурсивной последовательности на различия регионов по зависимости $H = f(A)$. Далее региональные различия зависимости $N = f(A, H, D)$ кумулятивно накладываются на предыдущий результат, и завершается последовательность соотношением $M = f(H, D, N)$. Таким образом, рекурсивный принцип регрессионного моделирования обеспечивает последовательное накопление региональных различий в возрастной динамике массообразующих показателей и запасов стволовой древесины по цепочке взаимозависимых уравнений:

$$\ln H = f(X_0, \ldots, X_{24}, \ln A) \rightarrow \ln D = f(X_0, \ldots, X_{24}, \ln A, \ln H) \rightarrow \ln N =$$

$$= f(X_0, \ldots, X_{24}, \ln A, \ln H, \ln D) \rightarrow \ln M = f(X_0, \ldots, X_{24}, \ln H, \ln D, \ln N). \qquad (4.11)$$

Результаты расчета констант уравнений (4.11) сведены в табл. 4.10, и их независимые переменные объясняют 90–95 % изменчивости массообразующих показателей и запаса стволов. В итоге региональные различия запасов фитомассы раскладываются на две составляющие, которым соответствуют две рекурсивные системы уравнений. Последние взаимосвязаны между собой также рекурсивно в последовательности (4.11) → (4.10), образуя второй уровень рекурсии.

Последовательным табулированием рекурсивных систем уравнений (4.11) и (4.10) для культур сосны (см. табл. 4.10 и 4.9) по задаваемым значениям возраста получены возрастные тренды всех массообразующих показателей и запасов фитомассы по каждому региону Северной Евразии (Приложение 18). Видно, что накопление запасов фитомассы стволов, ветвей, корней, а также надземной и общей фитомассы в культурах происходит на всем исследованном возрастном интервале, вплоть до 160 лет; максимум массы хвои приходится на возрастной диапазон 20–60 лет, после чего она постепенно снижается.

На рис. 4.19 выведены региональные соотношения фракционной структуры фитомассы, взятые из Приложения 18 для возраста 100 лет. Поскольку возрастные тренды фитомассы по регионам согласованы благодаря применению блоковых переменных, общая закономерность зонально-провинциального распределения фитомассы в культурах разных возрастов сохраняется, различие наблюдается лишь по абсолютным значениям.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.9

Характеристика уравнений (4.10) для культур сосны

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные						
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4	a_5X_5	a_6X_6
$\ln(P_S)$, т/га	–0,9425	0,2381	0,0124	0,1382	0,1483	–0,0534	–0,0571
$\ln(P_{SB})$, т/га	–1,5012	0,2834	–0,1994	0,0356	–0,2962	–0,4336	–0,2389
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	1,3386	–0,0317	–0,2700	–0,1699	–0,1832	–0,2021	–0,2238
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,3282	0,0103	0,1440	–0,1042	–0,0492	–0,1905	–0,3213
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–1,5239	0,2556	0,7699	0,0341	0,0341	–0,2084	–0,1195
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–0,4691	–2,5637	–6,7598	–2,9178	–2,7860	–2,7860	–2,7860
Зависимые переменные	a_7X_7	a_8X_8	a_9X_9	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$	$a_{12}X_{12}$	$a_{13}X_{13}$
$\ln(P_S)$, т/га	0,0395	0,2045	0,2146	–0,1469	0,0185	0,0294	0,0133
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,2389	–0,2298	–0,1953	–0,2574	–0,3317	–0,3276	–0,3936
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	–0,2141	–0,0603	–0,2214	–0,5194	–0,2692	–0,3967	–0,0334
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,1748	–0,0526	0,0709	–0,0164	–0,2524	–0,1255	–0,2700
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–0,1625	–0,1625	–0,1625	–0,1625	–0,3205	–0,3205	–0,3205
$\ln P_U/M)$, т/м^3	–1,0844	–2,7860	–2,7860	–0,6092	–2,7860	–2,7860	–2,7860
Зависимые переменные	$a_{14}X_{14}$	$a_{15}X_{15}$	$a_{16}X_{16}$	$a_{17}X_{17}$	$a_{18}X_{18}$	$a_{19}X_{19}$	$a_{20}X_{20}$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0943	–0,0334	0,2813	–0,1413	0,1572	0,1842	0,1051
$\ln(P_{SB})$, т/га	0,0812	–0,1358	–0,1358	–0,1358	–0,1358	–0,1358	–0,1358
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	–0,0740	–0,2406	–0,1504	–1,0100	–0,1835	–0,3126	–0,4071
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,5667	–0,1287	–0,1904	0,3278	–0,0991	–0,3643	–1,0615
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	0,9085	–0,1113	0,4312	0,4312	0,4312	0,4312	0,4312
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–2,7860	–2,7860	–2,7860	–2,7860	–2,7860	–2,7860	–2,7860
Зависимые переменные	$a_{21}X_{21}$	$a_{22}X_{22}$	$a_{23}X_{23}$	$a_{24}X_{24}$	$a_{25}(\ln A)$	$a_{26}(\ln A)^2$	$a_{27}(\ln M)$
$\ln(P_S)$, т/га	0,1955	0,3602	0,4893	0,0394	0,1246	–	0,9002
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,1358	–0,1358	–0,1358	–0,1358	0,1145	–	–
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	0,4214	–0,3975	–0,4188	0,4190	–0,3669	–	–
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	0,0500	–0,4943	–0,2603	–0,3388	–	–	–
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	1,0315	0,0695	0,0695	0,0695	0,6669	–0,0823	–
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–2,7860	–2,7860	–2,7860	–2,7860	–0,8322	–	–
Зависимые переменные	$a_{28}(\ln D)$	$a_{29}(\ln N)$	$a_{30}(\ln H)$	$a_{31}(\ln P_S)$	$a_{32}(\ln P_F/M)$	R^2	SE
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0986	–	0,1474	–	–	0,979	0,151
$\ln(P_{SB})$, т/га	–	–	–0,4847	1,0536	–	0,950	0,199
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	–	–0,2368	–1,1869	–	–	0,875	0,339
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	0,4509	–0,0607	–0,4995	–	0,6431	0,873	0,236
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–0,6927	–0,3167	–	–	–	0,706	0,242
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–	–	–	–	–	0,811	0,866

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.10

Характеристика уравнений (4.11) для насаждений культур сосны

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные						
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4	a_5X_5	a_6X_6
ln(*H*), м	–2,9908	0,2386	0,301	0,2916	0,2367	0,4123	0,2902
ln(*D*), см	0,6226	0,1327	–0,0824	0,4418	–0,1291	–0,1231	–0,0654
ln(*N*), тыс. шт/га	2,5906	0,1019	0,0169	–0,2582	–0,0615	–0,1584	–0,3337
ln(*M*), м³/га	–1,2574	0,4137	0,0906	0,1328	0,3349	0,2619	0,2032
Зависимые переменные	a_7X_7	a_8X_8	a_9X_9	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$	$a_{12}X_{12}$	$a_{13}X_{13}$
ln(*H*), м	0,2169	–0,3968	–0,0592	0,3501	0,488	0,3231	0,3072
ln(*D*), см	0,0051	–0,4801	–0,2128	–0,1568	–0,1411	–0,1932	–0,0683
ln(*N*), тыс. шт/га	–0,245	–0,2568	–0,3688	–0,1439	–0,1254	–0,0468	–0,0634
ln(*M*), м³/га	0,208	0,180	0,1567	0,372	0,2491	0,3113	0,2115
Зависимые переменные	$a_{14}X_{14}$	$a_{15}X_{15}$	$a_{16}X_{16}$	$a_{17}X_{17}$	$a_{18}X_{18}$	$a_{19}X_{19}$	$a_{20}X_{20}$
ln(*H*), м	0,196	0,4429	0,3022	0,5755	–0,2657	1,2155	1,2118
ln(*D*), см	–0,0971	0,0139	–0,0781	0,1725	–0,1902	0,2316	0,3666
ln(*N*), тыс. шт/га	0,1455	–0,0869	0,1905	–0,2514	0,4600	0,1172	0,3119
ln(*M*), м³/га	0,2712	0,1981	0,3255	0,2378	0,4216	0,3583	0,5362
Зависимые переменные	$a_{21}X_{21}$	$a_{22}X_{22}$	$a_{23}X_{23}$	$a_{24}X_{24}$	$a_{25}(\ln A)$	$a_{26}(\ln A)^2$	$a_{27}(\ln D)$
ln(*H*), м	0,089	0,6974	0,8741	0,0392	2,1458	–0,1848	–
ln(*D*), см	0,1751	0,2786	–0,014	0,6196	–	0,0134	–
ln(*N*), тыс. шт/га	0,3214	–0,1103	–0,2855	–0,2075	–	–	–0,6969
ln(*M*), м³/га	0,4524	0,204	0,1958	–0,0967	0,0888	–	0,980

Зависимые переменные	$a_{28}(\ln D)^2$	$a_{29}(\ln H)$	$a_{30}(\ln H)^2$	$a_{31}(\ln N)$	R^2	*SE*
ln(*H*), м	–	–	–	–	0,905	0,219
ln(*D*), см	–	0,5301	0,0803	–	0,951	0,151
ln(*N*), тыс. шт/га	–0,2738	0,7642	–	–	0,900	0,300
ln(*M*), м³/га	–	1,1501	–	0,6594	0,938	0,266

Запасы фитомассы 100-летних культур сосны в пределах одного климатического региона различаются у разных видов (см. рис. 4.19): в Западной Европе общая фитомасса у *P. nigra* (361 т/га) значительно выше, чем у *P. sylvestris* (293), а в Причерноморской провинции у *P. pallasiana* и *P. pinaster* (439 и 450) она выше, чем у *P. pithyusa* (323); в хвойно-широколиственной подзоне Японии у *P. thunbergii* (442) она значительно выше, чем у *P. strobus* и *P. densiflora* (208 и 299), а в субтропиках Японии *P. taeda* и *P. elliottii* характеризуются примерно одинаковыми общими запасами фитомассы (444 и 462).

По градиенту природной зональности запасы фитомассы в основном соответствуют общей схеме профиля продуктивности (Лавренко и др., 1955). По широтному градиенту (см. рис. 4.19) профиль продуктивности фитомассы оказался наиболее четко выражен в провинции Восток Русской равнины примерно по 50-му меридиану: по подзонам северной и средней тайги, лесо-

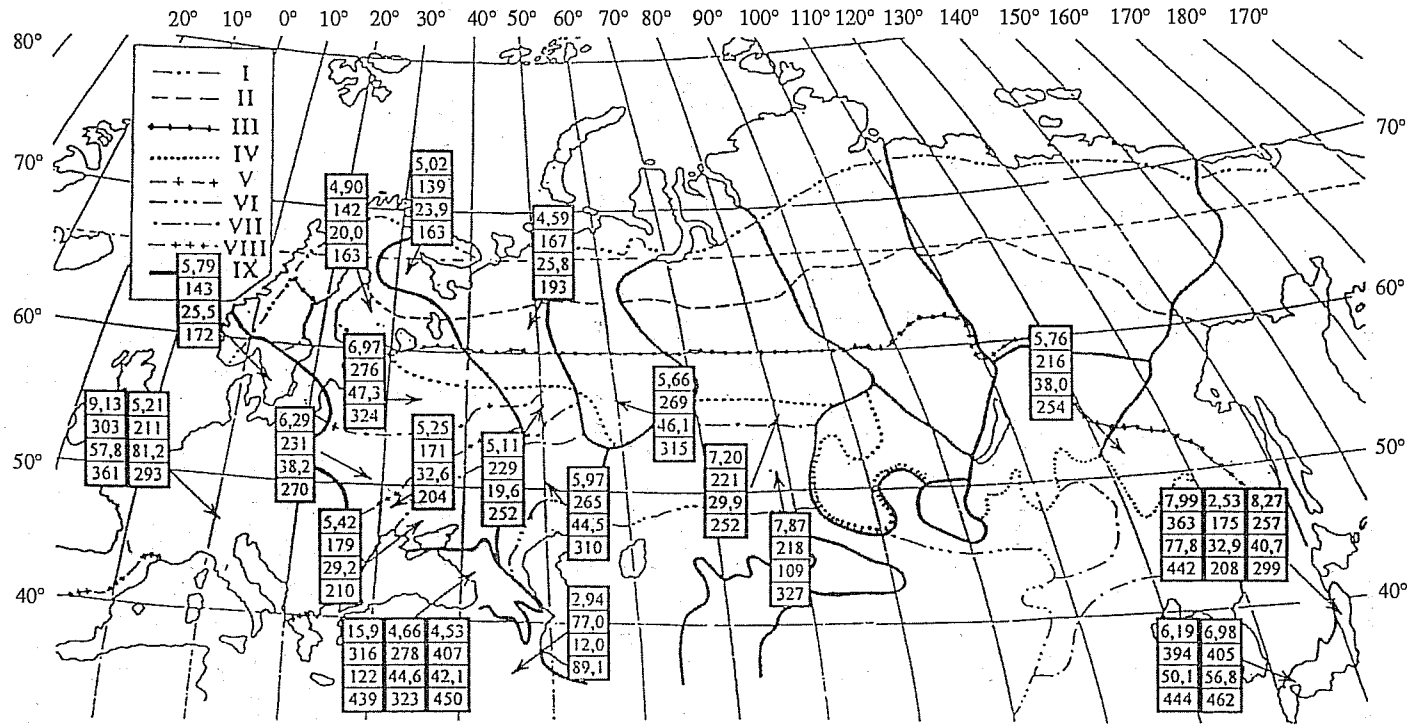


Рис. 4.19. Обобщенный по регионам фракционный состав фитомассы культур сосны в возрасте 100 лет, приведенный в сопоставимое состояние.

Цифры в колонках (сверху вниз) – запасы фитомассы в абсолютно сухом состоянии (т/га): хвои, надземной массы, подземной и общей; в совмещенных колонках (слева направо) по регионам: СЕ – *P. nigra, P. sylvestris*; ПЧ – *P. pallasiana, P. pithyusa, P. pinaster*; ЯПхш – *P. thunbergii, P. strobus, P. densiflora*; ЯПсуб – *P. taeda, P. elliottii*. Обозначения провинций, границы провинций и подзон см. на рис. 4.7; обозначения регионов – в табл. 4.8

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

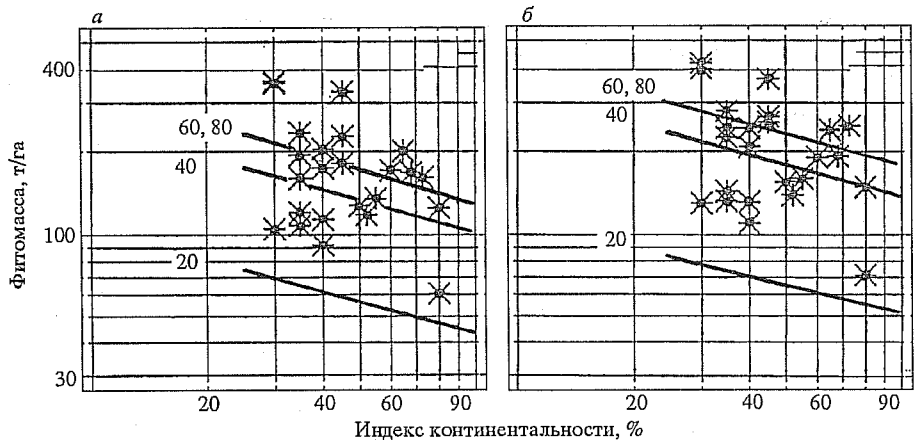


Рис. 4.20. Связь расчетных показателей надземной (*а*) и общей (*б*) абсолютно сухой фитомассы культур сосны с индексом континентальности климата и суммой эффективных температур

степей и степей происходит постепенное увеличение ее запасов (соответственно 163, 193, 252 и 310 т/га), а затем в Малой Азии она резко снижается до 89 т/га.

В Скандинавско-Русской провинции фитомасса также закономерно увеличивается от средней тайги (163 т/га) до хвойно-широколиственной подзоны (324), затем в подзонах широколиственных лесов, лесостепей и степей происходит ее снижение (соответственно 270, 204 и 210 т/га), а в горах Кавказа вновь возрастает до 323–450 т/га.

Региональный анализ распределения фитомассы культур выполнен, как и в естественных сосняках, с использованием схем изоконт (см. рис. 4.9) и изотерм (см. рис. 4.10). Для всех регионов значения индексов континентальности и сумм эффективных температур с этих схем сопоставлены с соответствующими показателями надземной и общей фитомассы культур сосны (см. рис. 4.19), взятыми для возраста 100 лет (см. Приложение 18).

Рассчитаны уравнения:

$$\ln P_{\text{АВО}} = -6{,}64 - 0{,}34(\ln IC) + 6{,}20(\ln T) - 0{,}73(\ln T)^2,\ R^2 = 0{,}27; \qquad (4.12)$$

$$\ln P_{\text{ТОТ}} = -8{,}22 - 0{,}32(\ln IC) + 7{,}05(\ln T) - 0{,}84(\ln T)^2,\ R^2 = 0{,}30, \qquad (4.13)$$

обозначения в которых те же, что и в (4.5) и (4.6), и которые действительны при $IC > 35$–40. Таким образом, уравнения (4.12) и (4.13) объясняют изменчивость надземной и общей фитомассы культур сосны соответственно на 27 и 30 % (рис. 4.20). Несмотря на относительно низкие значения R^2, совместное влияние факторов IC и T на величину фитомассы культур статистически достоверно.

Таким образом, фитомасса культур сосны снижается в направлении с юга на север и от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности.

Составленная нами база данных о годичной *NPP* культур сосны включает информацию с 215 пробных площадей, позаимствованных из 30 литературных источников (см. Приложение 16). Эти данные сопровождаются

Электронный архив УГЛТУ

значениями соответствующих фракций фитомассы и полной таксационной характеристикой пробных площадей.

Исходный массив данных включает экспериментальные показатели *NPP* по фракциям (ствол, ветви, хвоя, корни, нижние ярусы) и запаса стволовой древесины, а также основные массообразующие показатели и состоит из 178 определений для сосны обыкновенной, 7 – для сосны черной (*Pinus nigra*) в Среднеевропейской провинции, 14 – для сосны густоцветной (*P. densiflora*), 6 – для сосны Тунберга (*P. thunbergii*), 2 – для сосны веймутовой (*P. strobus*) в Японии, 8 – для сосны ярусной (*P. tabulaeformis*) в Северо-Восточном Китае. Экспериментальные данные 215 определений для указанных видов сосны после нанесения на схему зонально-провинциального деления территории распределились по 12 регионам (рис. 4.21).

Сравнение карт-схем, представленных на рис. 4.18 и 4.21, показывает, что география пробных площадей с данными о *NPP* имеет более узкие зональный и провинциальный диапазоны по сравнению с географией пробных площадей с данными о фитомассе культур. Общее количество последних (880) в 4 раза превышает количество первых.

Для разработки системы региональных моделей годичного прироста фитомассы все регионы закодированы системой блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973). В случае, если на один экорегион приходилось несколько видов рода *Pinus*, то в пределах одного экорегиона кодировался каждый вид отдельно. Поскольку данные о первичной продукции для *P. thunbergii* и *P. strobus* по Японии неполные (отсутствуют значения для хвои, корней и нижних ярусов), то они исключены из процедуры регрессионного анализа и соответственно не включены в схему кодирования (табл. 4.11).

Блоковые фиктивные переменные введены в структуру моделей *NPP*, и по каждому из двух упомянутых выше методов рассчитаны следующие системы уравнений общего вида:

первый метод:

$$\begin{gathered} Z_S/M = \mathrm{f}(1/A, X_0, \ldots, X_{11});\ Z_{SB}/M = \mathrm{f}(1/A, X_0, \ldots, X_{11}), \\ Z_B/M = \mathrm{f}(1/A, X_0, \ldots, X_{11});\ Z_F/M = \mathrm{f}(1/A, X_0, \ldots, X_{11}), \\ Z_R/M = \mathrm{f}(1/A, X_0, \ldots, X_{11});\ Z_U/M = \mathrm{f}(1/A, X_0, \ldots, X_{11}); \end{gathered} \tag{4.14}$$

второй метод:

$$\begin{gathered} \ln Z_S = \mathrm{f}(\ln P_F, \ln A, \ln H, \ln N, X_0, \ldots, X_{11}); \\ \ln Z_{SB} = \mathrm{f}(\ln P_F, \ln Z_S, \ln A, \ln H, \ln D, X_0, \ldots, X_{11}); \\ \ln Z_B = \mathrm{f}(\ln P_F, \ln Z_S, \ln A, \ln D, \ln N, X_0, \ldots, X_{11}); \\ \ln Z_F = \mathrm{f}(\ln P_F, \ln A, \ln D, \ln H, \ln N, X_0, \ldots, X_{11}); \\ \ln Z_R = \mathrm{f}(\ln P_F, \ln Z_S, X_0, \ldots, X_{11}); \\ \ln Z_U = \mathrm{f}(\ln P_U, X_0, \ldots, X_{11}). \end{gathered} \tag{4.15}$$

Обозначения те же, что в уравнениях (4.7) и (4.8).

Электронный архив УГЛТУ

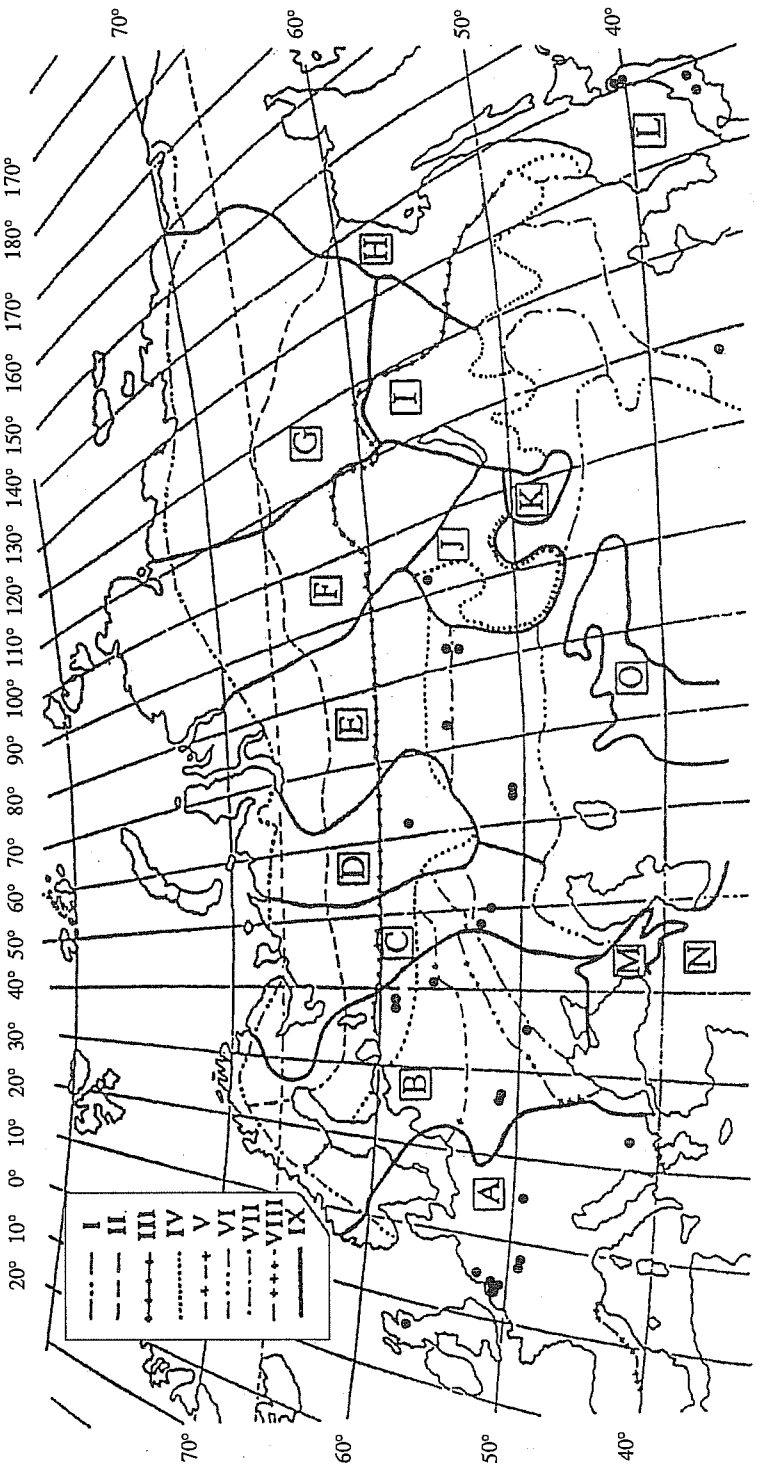


Рис. 4.21. География экспериментальных данных о первичной продукции культур сосны в Северной Евразии.
Обозначения границ, провинций и подзон см. на рис. 4.7

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.11

Кодировка 12 регионов территории Северной Евразии блоковыми фиктивными переменными

Регион*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
СЕш (*P. nigra*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СЕш (*P. sylvestris*)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРхш (*P. sylvestris*)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРш (*P. sylvestris*)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
СРлс (*P. sylvestris*)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ВРст (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
УРюж (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ЗСлс (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ЗСст (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ДВст (*P. tabulaeformis*)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
АСлс (*P. sylvestris*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ЯПхш (*P. densiflora*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

* СРлс – Скандинавско-Русская провинция, лесостепь; ДВст – Дальний Восток, степь (Восточный Китай); остальные обозначения регионов см. табл. 4.1.

Результаты расчета уравнений (4.14) и (4.15) по массиву базы данных о первичной продукции фитомассы культур сосны в количестве 215 наблюдений приведены в табл. 4.12 и 4.13. Полученные коэффициенты детерминации R^2 позволяют сделать вывод о преимуществе второго метода по сравнению с первым: средняя величина R^2 во втором случае выше на 12 %. Особенно велика разница в точности методов при определении *NPP* корней и хвои: R^2 выше на 32 и 28 % соответственно.

Далее по каждому методу (варианту) рассчитаны ошибки регрессионного определения первичной продукции по фракционному составу фитомассы (табл. 4.14), в процентах к фактическим значениям, приведенным в Приложении 16.

Сопоставление полученных результатов показывает, что при определении *NPP* стволов, ветвей, хвои и корней преимущество по точности имеет второй вариант, в котором продукция фитомассы ставится в зависимость от массы ассимиляционного аппарата: случайная ошибка определения *NPP* фитомассы по уравнению (4.15) в среднем меньше в 2,7 раза. В меньшей степени различия выражены по стволам и корням – соответственно в 1,2 и 1,4 раза, в наибольшей по ветвям и хвое – соответственно в 10 и 20 раз.

Далее уравнения (4.15) использованы для приведения фактических определений *NPP* согласно базе данных к сопоставимому по регионам виду, т. е. по регионам сопоставляются не совокупности данных пробных площадей, а возрастные тренды *NPP* фитомассы, полученные путем совмещения (наложения) моделей (4.15) на возрастные тренды таксационных показателей и показателей фитомассы. Последние рассчитаны по материалам 880 определений, вошедших в соответствующую базу данных о фитомассе культур сосны 25 регионов Северной Евразии (см. Приложение 18).

По возрастным трендам таксационных показателей табулируются модели фитомассы насаждений, в результате чего получаем возрастные тренды фитомассы. Затем по возрастным трендам таксационных показателей и по-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.12

Характеристика уравнений (4.14)

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности					
	Z_S/M	Z_{SB}/M	Z_B/M	Z_F/M	Z_R/M	Z_U/M
a_0	0,0123	0,0027	–0,0006	0,0068	–0,0746	–0,0024
$a_1(1/A)$	0,8387	0,1168	0,4578	0,5841	3,1649	0,2725
$a_2(X_1)$	–0,028	–0,0053	–0,0154	–0,0398	–0,0405	–
$a_3(X_2)$	–0,0227	–0,0051	–0,0052	–0,0169	–	–
$a_4(X_3)$	–0,0171	–0,0046	–0,0018	–0,0088	–	–
$a_5(X_4)$	–0,0127	–0,0027	–0,0065	–0,0125	0,0158	–0,0022
$a_6(X_5)$	–0,0159	–0,0037	0,0008	–0,0136	–	–
$a_7(X_6)$	–0,0289	–0,0052	–0,0056	–0,005	–	–
$a_8(X_7)$	–0,0152	–0,0036	–0,0084	–0,0003	–0,0532	–0,0039
$a_9(X_8)$	–0,0347	–0,006	–0,0109	–0,0149	0	–0,0078
$a_{10}(X_9)$	–0,0175	–0,0027	–0,0106	–0,0062	–0,0654	–0,0078
$a_{11}(X_{10})$	–0,0246	–0,0046	–0,0116	–0,0196	–0,048	–
$a_{12}(X_{11})$	–0,016	–	–0,0047	–0,012	0,0042	–
R^2	0,864	0,833	0,757	0,717	0,663	0,844
SE	0,008	0,001	0,006	0,01	0,098	0,002

Таблица 4.13

Характеристика уравнений (4.15)

Обозначения констант, независимых переменных и показателей адекватности	Константы при независимых переменных и показатели адекватности					
	$\ln Z_S$	$\ln Z_{SB}$	$\ln Z_B$	$\ln Z_F$	$\ln Z_R$	$\ln Z_U$
a_0	0,8889	–0,8093	0,1295	0,1059	–1,7894	1,0
$a_1(\ln A)$	–1,1004	–	–1,19	–0,5732	–	0
$a_2(\ln D)$	–	0,5838	1,3503	1,1702	–	0
$a_3(\ln H)$	1,5396	–0,9131	–	–0,4756	–	0
$a_4(\ln N)$	0,3165	–	0,3671	0,1831	–	0
$a_5(\ln Z_S)$	–	1,1902	0,2021	–	–0,6653	0
$a_6(\ln P_F)$	0,3101	–0,2876	0,1977	0,4924	1,6832	0
$a_7(X_1)$	–1,0706	–0,4615	–1,3513	–2,8633	–0,4277	0
$a_8(X_2)$	–0,64	–0,5398	0,2218	–0,0181	1,181	0
$a_9(X_3)$	–0,5437	–0,5822	0,2284	0,0135	1,181	0
$a_{10}(X_4)$	0,0148	–0,4359	–0,6101	0,022	1,181	0
$a_{11}(X_5)$	–0,439	–0,5622	0,133	–0,5186	1,181	0
$a_{12}(X_6)$	–0,9983	–0,2335	–0,0864	–0,0751	–0,5785	0
$a_{13}(X_7)$	–0,5394	–0,4302	–0,425	–0,0711	–0,5785	0
$a_{14}(X_8)$	–1,3324	–0,4019	–0,2876	–0,4028	0	0
$a_{15}(X_9)$	–0,6832	–0,0552	–0,6426	–0,3391	–0,8853	–0,2332
$a_{16}(X_{10})$	–0,6659	–0,0263	–0,1816	–0,0042	–0,6535	–0,2332
$a_{17}(X_{11})$	–0,0474	–0,0552	0,1274	0,076	0,6011	–0,2332
R^2	0,810	0,905	0,879	0,917	0,879	0,854
SE	0,272	0,228	0,26	0,253	0,573	0,049

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.14

Ошибка (±) определения первичной продукции фитомассы в культурах сосны по (4.14) и (4.15), % к фактическому значению

Фракция фитомассы	Уравнение (4.14)		Уравнение (4.15)	
	Для одного определения	Для всех случаев	Для одного определения	Для всех случаев
Ствол в коре	84,1	6,3	73,5	5,5
Ветви	334	25,1	33,2	2,5
Хвоя	819	62,8	39,3	3,0
Корни	625	77,6	434	53,8
В среднем	466	43,0	145	16,2

Таблица 4.15

Исходная матрица значений для расчета зависимости *NPP* (Z_T, т/га) 100-летних культур сосны от индекса континентальности (*IC*) и суммы эффективных температур (*T*)

Регион*	*IC*	*T*	Z_T
СЕш	30	60	10,7
СРхш	40	42	14,5
СРш	40	60	12,6
СРлс	50	70	9,8
ВРст	65	65	10,9
УРюж	65	42	5,5
ЗСлс	68	40	6,6
ЯПхш	35	80	11,2

* Обозначения регионов см. табл. 4.1.

казателей фитомассы табулируются модели (4.15), и в результате имеем возрастные тренды *NPP* фитомассы по полному фракционному составу (см. Приложение 18).

Для наглядности распределение *NPP* общей (надземной + подземной) фитомассы культур сосны на территории Северной Евразии, взятой из Приложения 18, можно представить в виде карты-схемы (рис. 4.22). Легенда выполнена путем разделения всего диапазона первичной продукции для насаждений возрастом 100 лет на три группы: I – 5,0–8,0; II – 8,1–11,0 и III – 11,1–14,0 т/га. Карта-схема иллюстрирует, как закономерно изменяется *NPP* фитомассы по провинциальному и зональному градиентам. Сопоставление карты-схемы с распределением доли площадей сосновых лесов в составе покрытых лесом земель Северной Евразии (см. рис. 4.14) показывает, что *NPP* культур сосны исследована лишь на узкой полосе лесной зоны, главным образом хвойно-широколиственных и широколиственных лесов, частично южной тайги, лесостепи и степи. В подзонах северной и средней тайги *NPP* культур сосны пока не исследована, здесь имеются данные только о фитомассе культур.

Для количественного описания закономерности распределения *NPP* фитомассы культур сосны 100-летнего возраста (Z_T, т/га) по провинциальному и зональному градиентам величины *NPP* проанализированы (табл. 4.15) в

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.4. Лиственница сибирская в бассейне р. Соби (Полярный Урал) в экотоне верхней границы леса (возраст 250 лет, высота 12 м, диаметр ствола 40 см). Фото *С.Г. Шиятова*

Электронный архив УГЛТУ

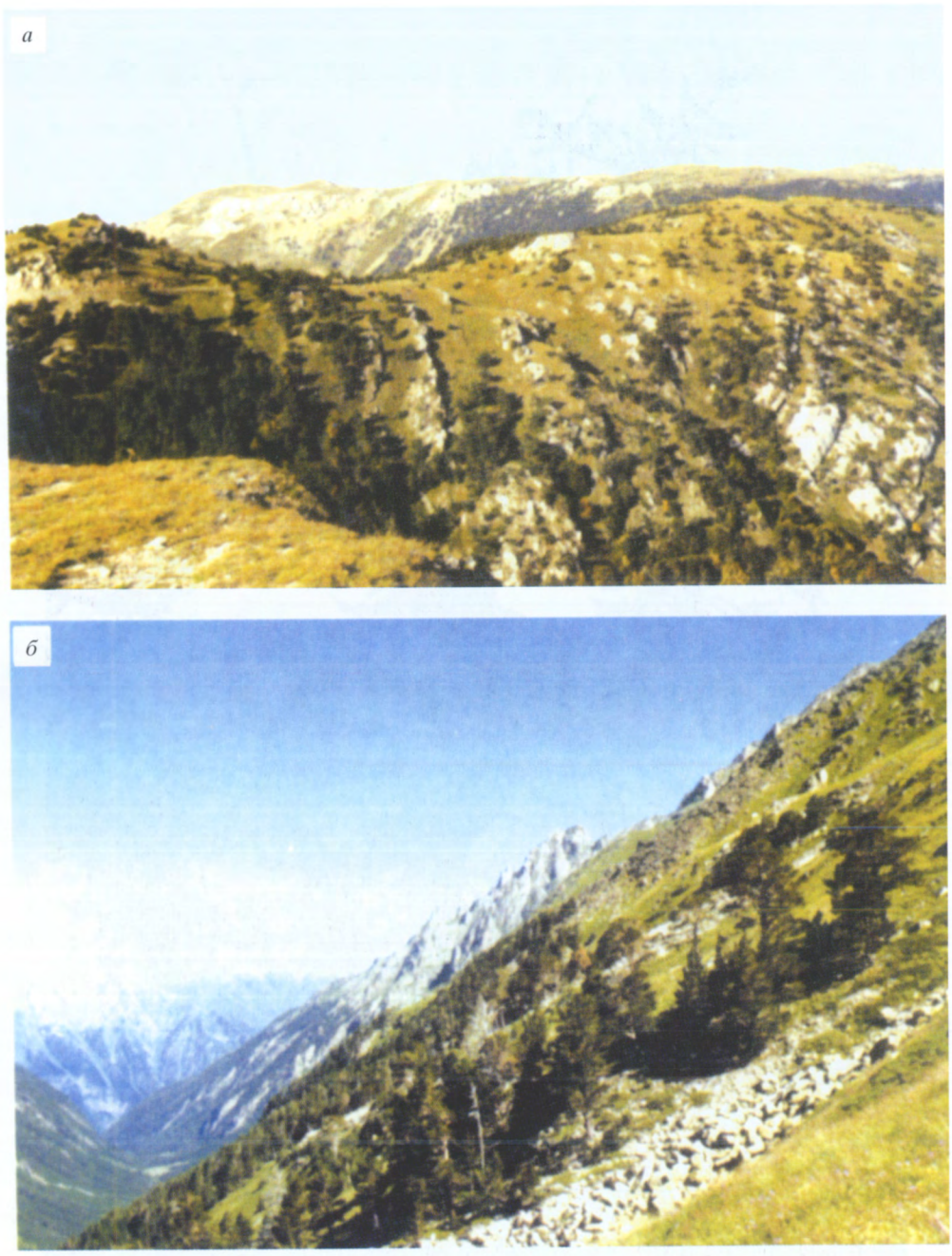


Рис. 3.6. Экотоны *сосновый лес – луг*:
а – в Крымской Яйле (Роман-Кош, 1400–1500 м над ур. м.); *б* – в Тебердинском заповеднике (Северный Кавказ, 2100 м над ур. м.). Фото *В.В. Онищенко* (Санников, Петрова, 2003)

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.10. Вид на юго-западный склон Конжаковского Камня со стороны Тылайского Камня. Видна верхняя граница леса на Конжаковском Камне. Фото *О.А. Богословской*

Рис. 3.13. Экотон между сосновым насаждением и степью на темно-каштановых почвах в бору Аман-Карагай. Фото *А.Г. Гаеля*, 1957 г.

Электронный архив УГЛТУ

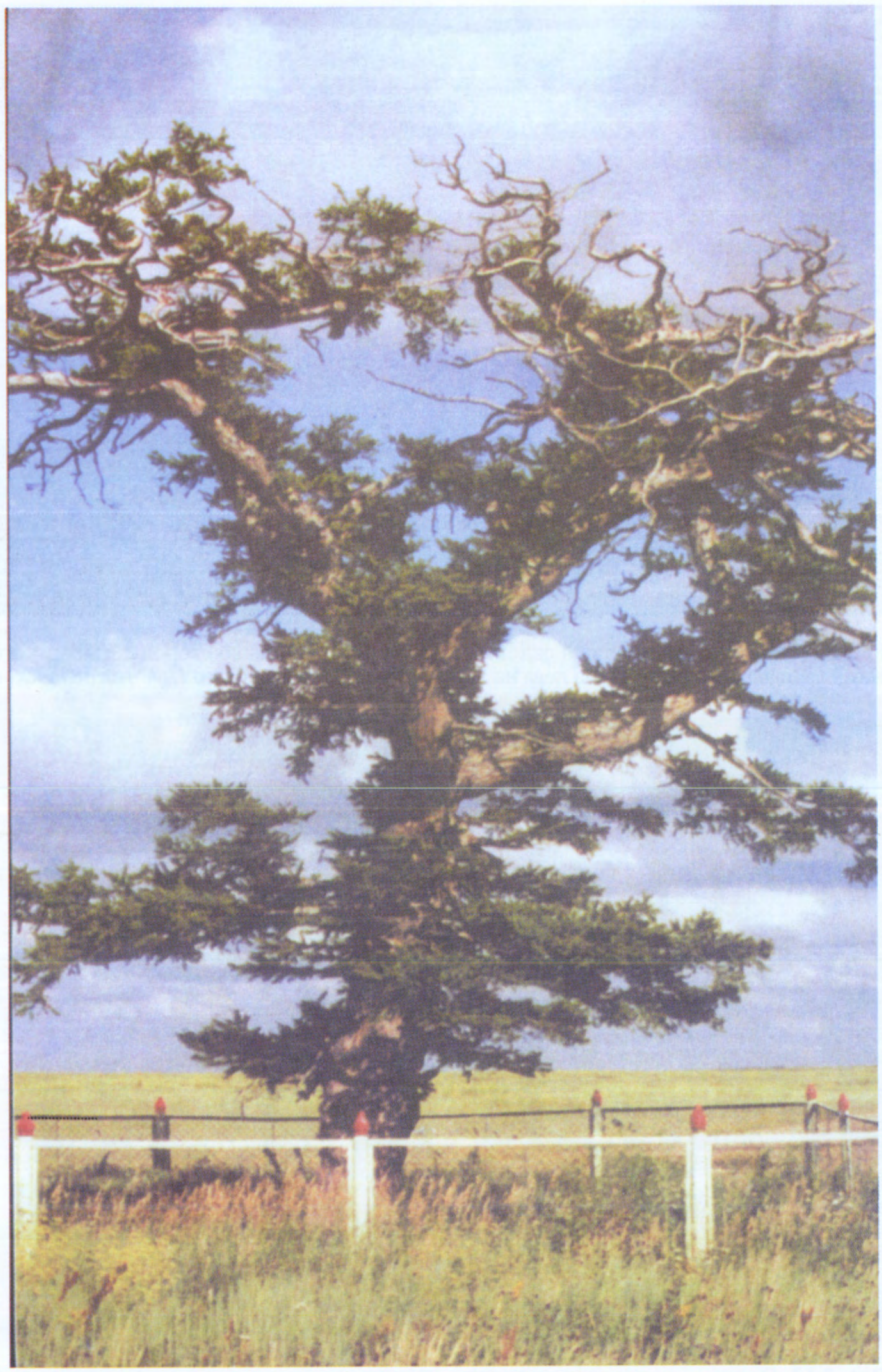


Рис. 3.25. Реликтовая 500-летняя лиственница (высота 18 м, диаметр ствола 80 см) в полынно-типчаково-ковыльной степи. Оренбургская область, Адамовский район, 18 км к северу от с. Брацлавка (Леса Оренбуржья, 2000)

Электронный архив УГЛТУ

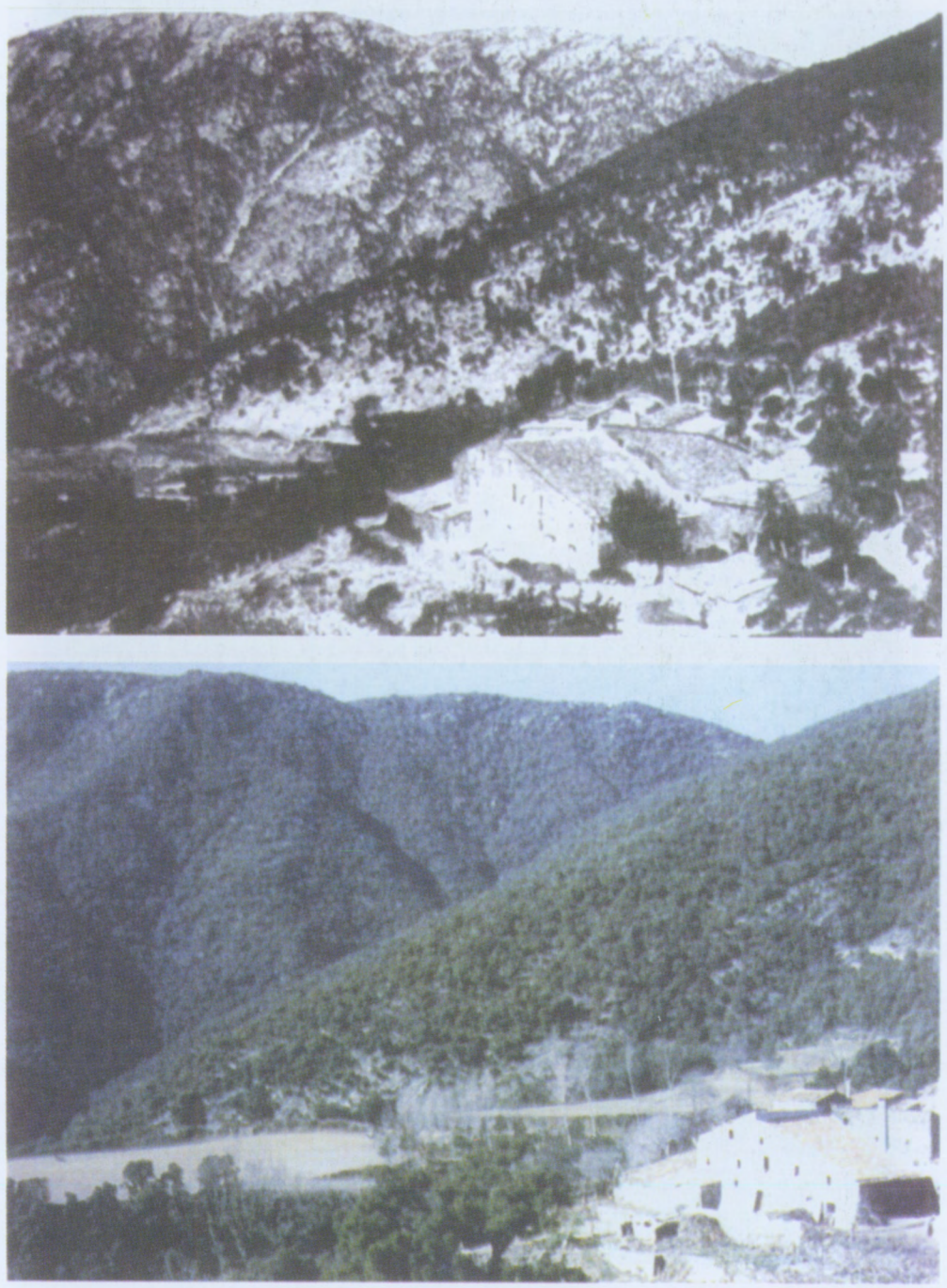


Рис. 3.26. Изменение растительного покрова в средиземноморской лесной зоне вблизи Исследовательской станции Ла Кастания за период с 1890 г. (вверху) по 1990 г. (внизу) (Carboinvent…, 2003)

Электронный архив УГЛТУ

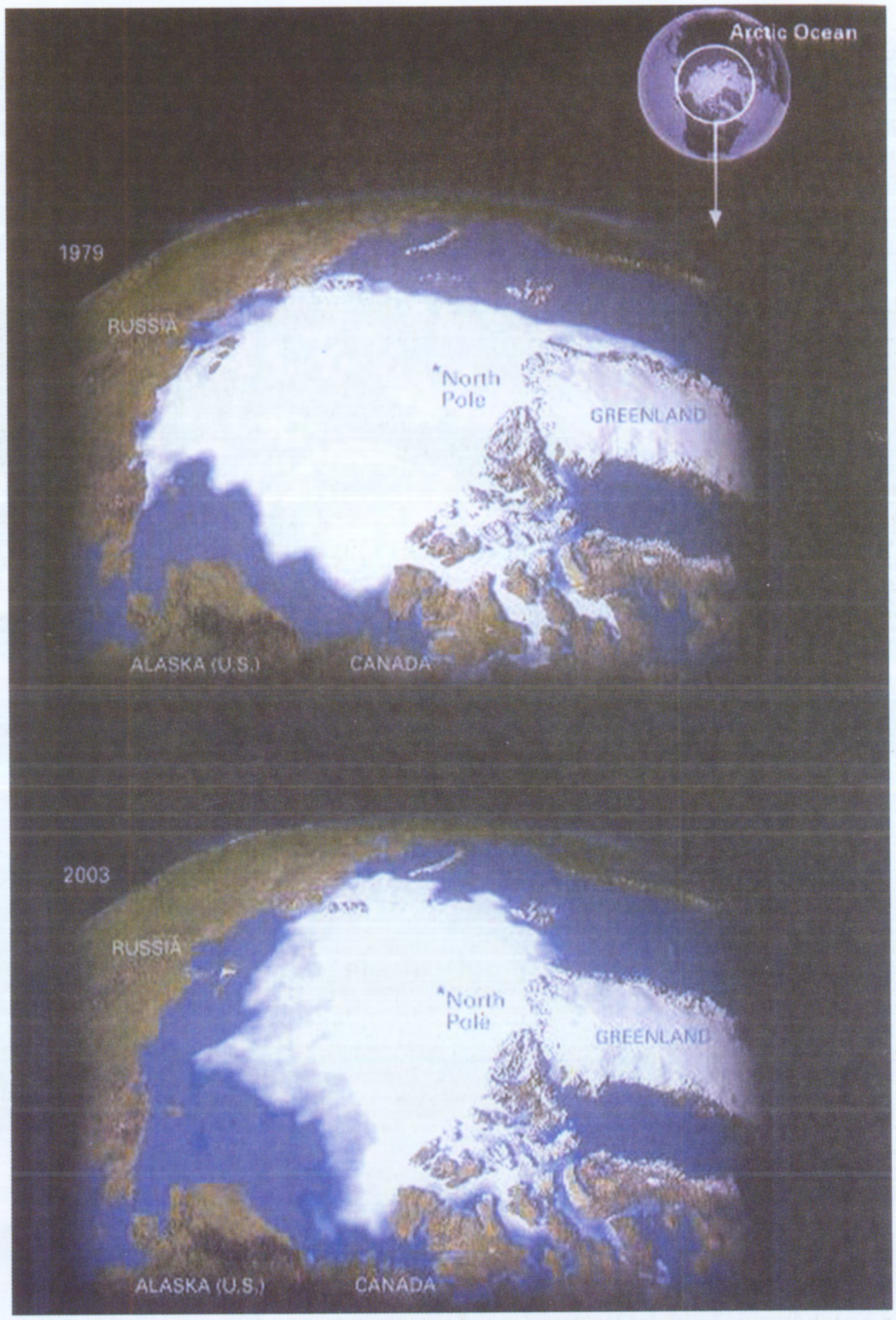


Рис. 3.27. Сокращение полярной шапки в Северном Ледовитом океане по данным спутниковой съемки с 1979 по 2003 г. (в среднем на 9 % ежегодно). Согласно модельным прогнозам, к концу текущего столетия Северный Ледовитый океан летом будет полностью освобождаться от льдов (ACIA..., 2004)

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.29. Экотон между суходольной (справа – сосняк брусничнo-вересково-зеленомошный) и болотной (слева – сосняк кустарничково-сфагновый) популяциями сосны обыкновенной в подзоне предлесостепи Западной Сибири в районе с. Заводоуспенское (Санников, Петрова, 2003)

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.35. Редкий экземпляр сосны обыкновенной в возрасте 350 лет, произрастающей ныне в Бузулукском бору (Оренбургская область)

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.37. Лиственничник зеленомошно-ягодниковый в возрасте 350 лет в пойме (пробная площадь № 6)

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.38. Лиственничник брусничный в возрасте 102 года на плакорах (пробная площадь № 3)

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.56. Древостой на верхнем высотном уровне (960 м над ур. м.). Фото *О.А. Богословской*

Рис. 3.57. Древостой на среднем высотном уровне (924 м над ур. м.). Фото *О.А. Богословской*

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.58. Древостой на нижнем высотном уровне (864 м над ур. м.).
Фото *О.А. Богословской*

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.64. Пробная площадь № 5 в культурах сосны обыкновенной в пойме р. Урала (Оренбургский лесхоз). Тип леса – сосняк травяной, возраст древостоя 33 года, класс бонитета I, средняя высота 12,8 м, средний диаметр 16,1 см, запас 224 м^3/га. Фото *М.И. Балицкого*

Электронный архив УГЛТУ

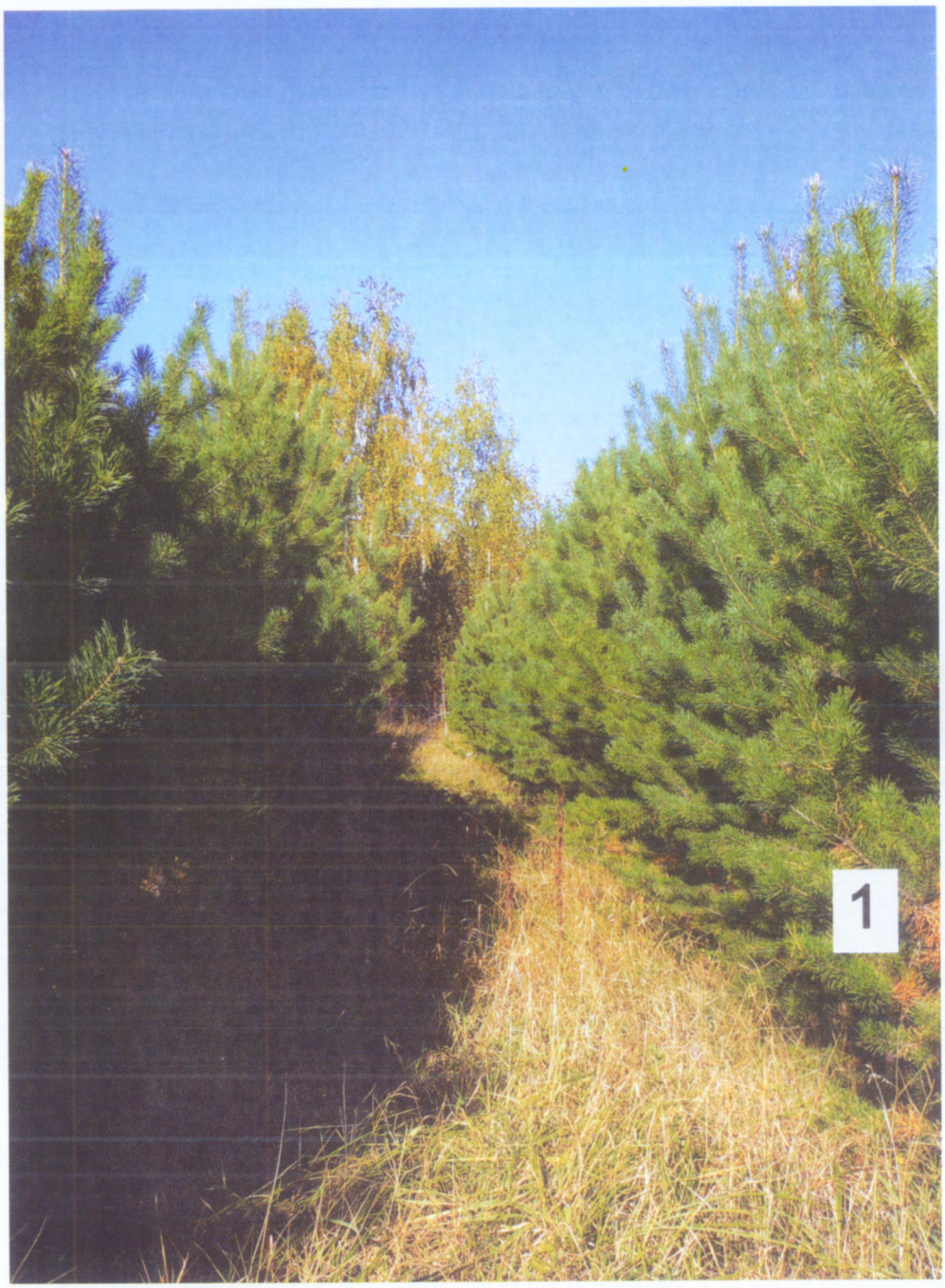


Рис. 3.65. Пробная площадь № 1 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 10 лет, класс бонитета Iа, запас 18 м^3/га. Фото здесь и далее *Н.С. Ненашева*

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.66. Пробная площадь № 2 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 21 год, класс бонитета Iа, запас 143 м^3/га

Электронный архив УГЛТУ

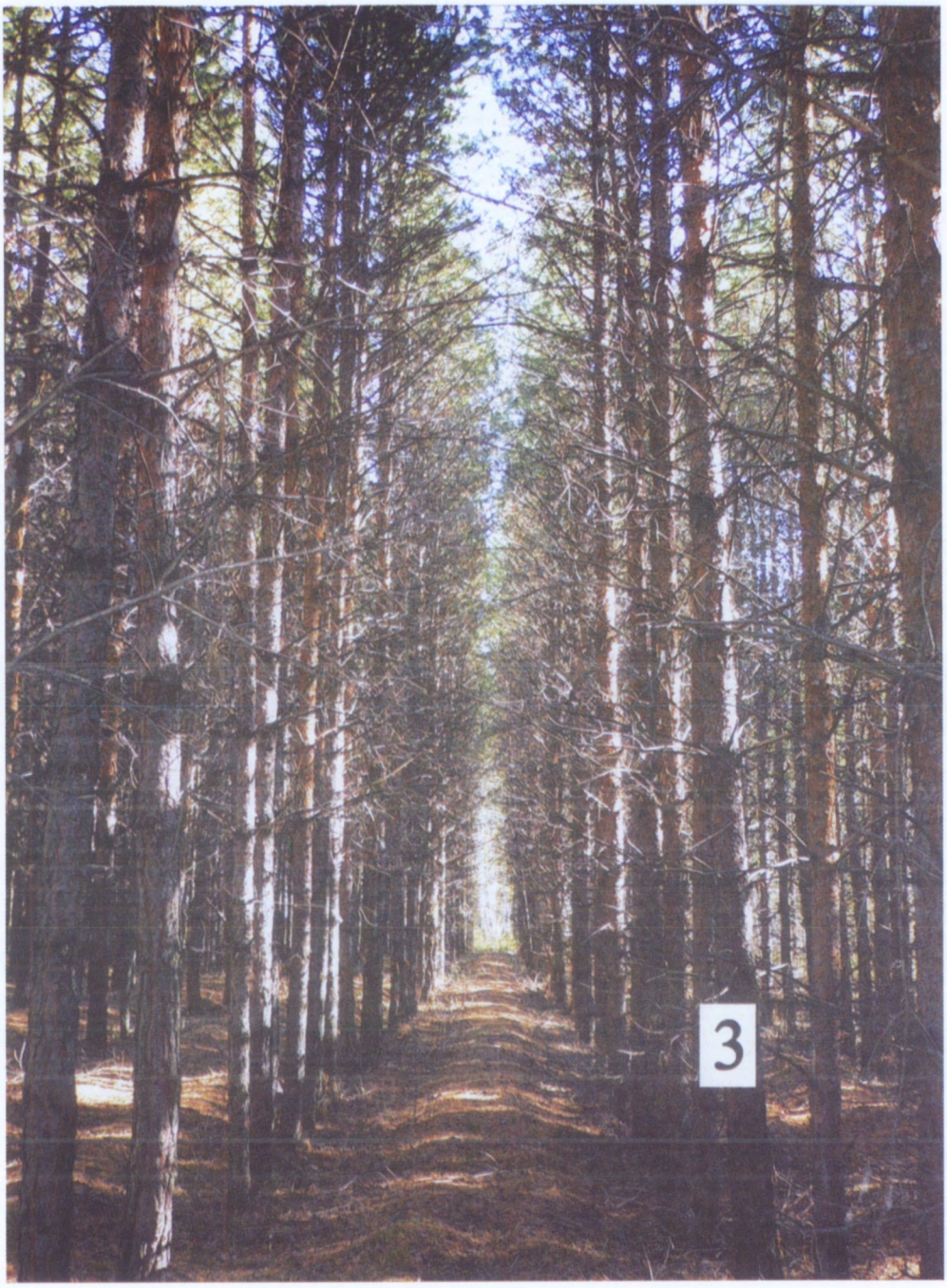


Рис. 3.67. Пробная площадь № 3 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 30 лет, класс бонитета Iа, запас 282 м^3/га

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.68. Пробная площадь № 4 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 40 лет, класс бонитета I, запас 318 м^3/га

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.69. Пробная площадь № 5 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 50 лет, класс бонитета I, запас 289 м^3/га

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.70. Пробная площадь № 6 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 20 лет, класс бонитета Iа, запас 132 м^3/га

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.71. Пробная площадь № 7 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 20 лет, класс бонитета I, запас 89 м^3/га

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.72. Пробная площадь № 8 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 20 лет, класс бонитета II, запас 51 м^3/га

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 3.73. Пробная площадь № 9 в культурах сосны Саргатского лесхоза. Возраст древостоя 20 лет, класс бонитета III, запас 27 м^3/га

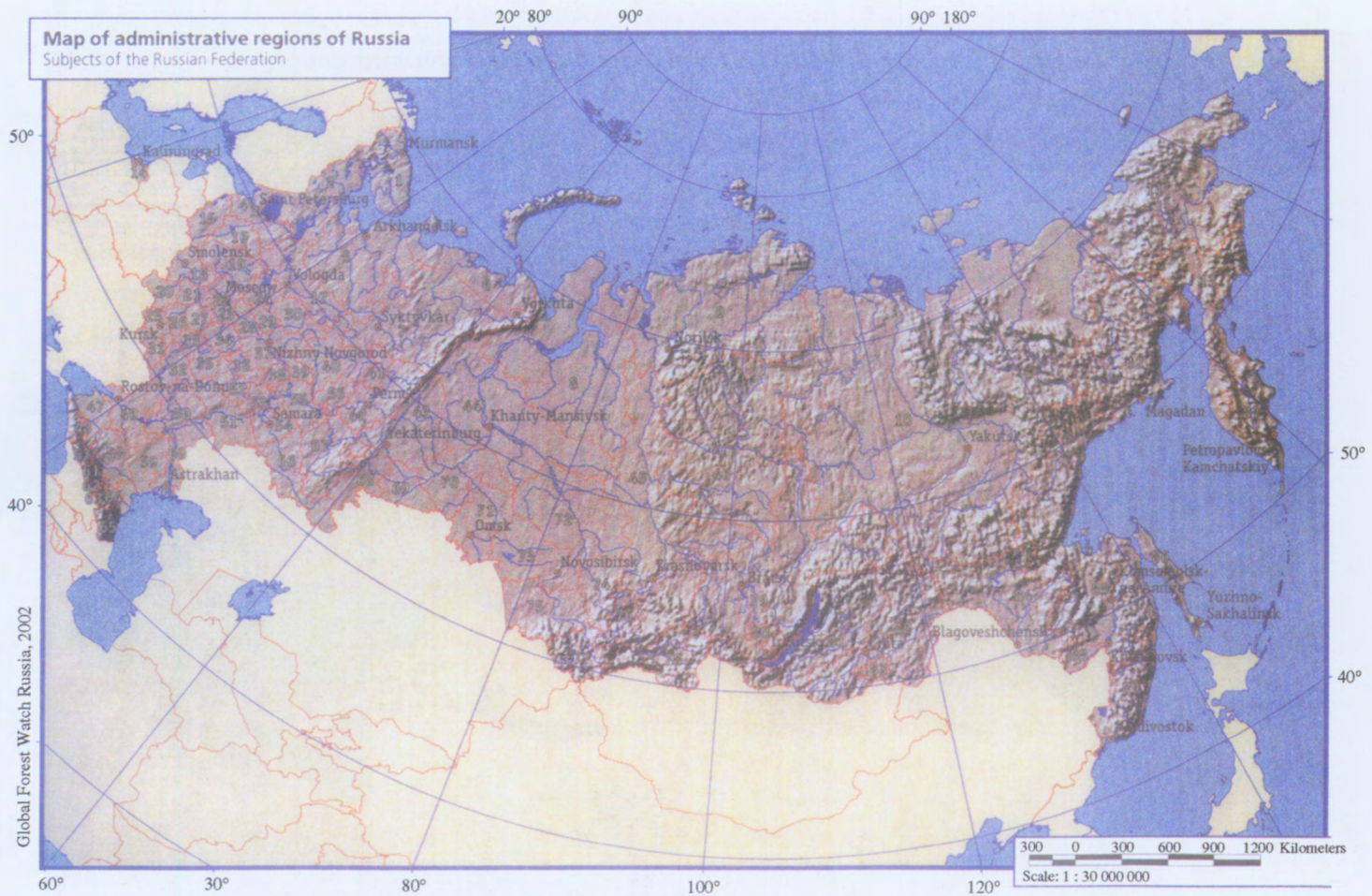


Рис. 4.8. Рельефная карта территории России (Aksenov et al., 2002)

Электронный архив УГЛТУ

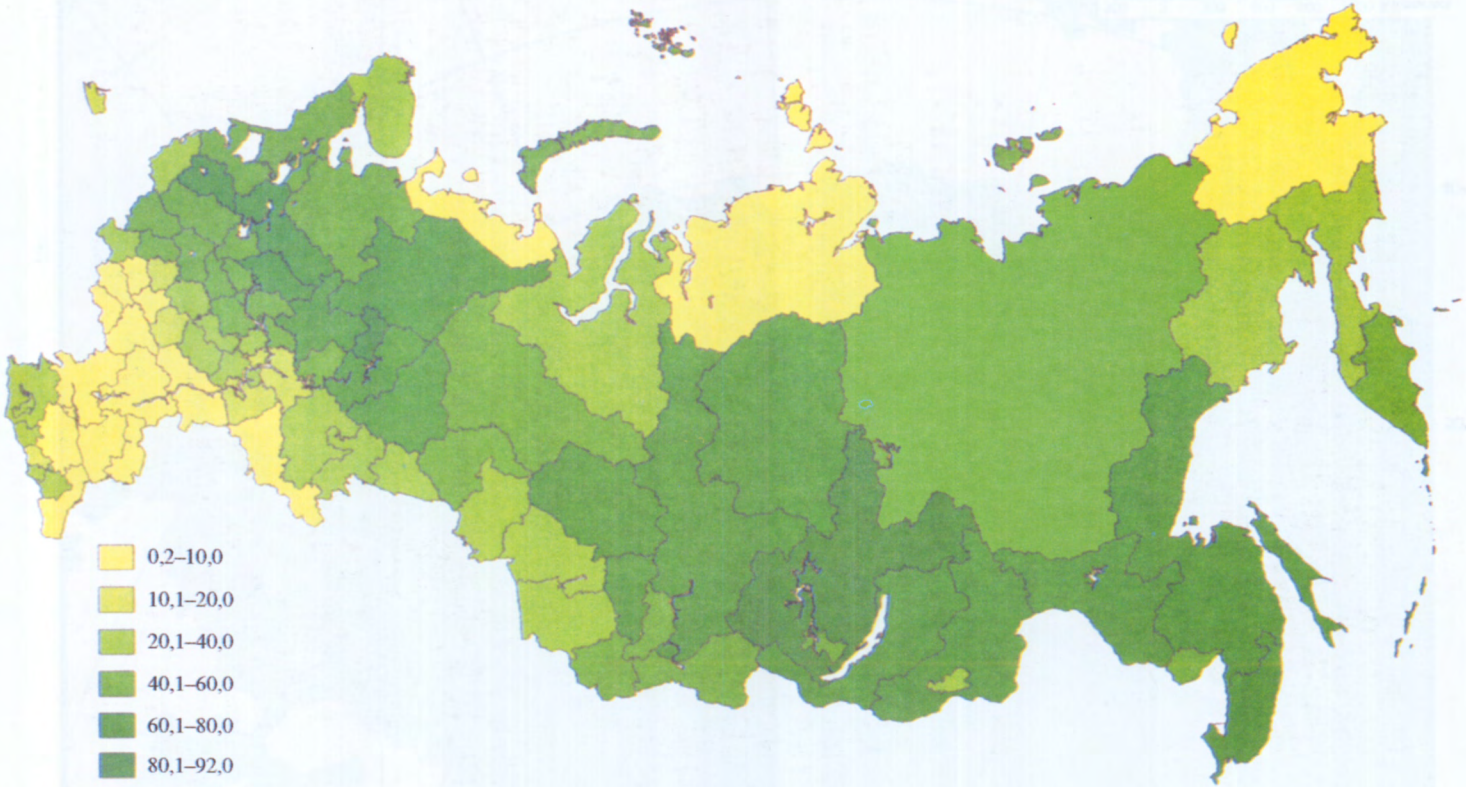


Рис. 4.15. Лесистость (%) территории Российской Федерации (Леса России…, 2006)

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

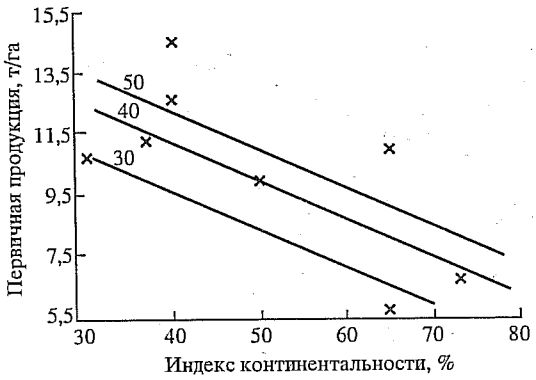


Рис. 4.23. Зависимость *NPP* общей фитомассы культур сосны от индекса континентальности по Ценкеру и суммы эффективных температур, рассчитанная по уравнению (4.16)

связи с индексом континетальности климата по Ценкеру (*IC*) (провинциальный градиент) и среднемесячными значениями суммы эффективных температур (*T*) выше +5 °С по Тукканену (Tuhkanen, 1984) (зональный градиент). Значения индекса континентальности и суммы эффективных температур сняты для соответствующих регионов с карт-схем на рис. 4.9 и 4.10.

Данные табл. 4.15 были обработаны по программе многомерного регрессионного анализа и получено уравнение

$$Z_T = 7{,}046 - 0{,}1305IC + 0{,}3448T - 0{,}00293T^2;\ R^2 = 0{,}510, \qquad (4.16)$$

константы которого статистически значимы на уровне t_{01}. Графическая интерпретация зависимости (4.16) на фоне экспериментальных данных показана на рис. 4.23.

Таким образом, показатели общей *NPP* культур сосны, приведенные к сопоставимому виду посредством регрессионного моделирования, в пределах Северной Евразии на статистически достоверном уровне снижаются по мере увеличения индекса континентальности климата (провинциальный градиент) и возрастают с ростом месячной суммы эффективных температур (зональный градиент).

4.2.3. ЕСТЕСТВЕННЫЕ ЕЛЬНИКИ

Сформированная нами база данных для рода *Picea* Северной Евразии включает 597 определений фракционного состава фитомассы основных лесообразующих видов, взятых из 180 литературных источников (Усольцев, 2001), которые сопровождаются их полной таксационной и частично лесотипологической характеристиками. Исходный массив данных включает в себя экспериментальные показатели фитомассы по фракциям и запаса столовой древесины, а также основные массообразующие показатели: 445 определений – для *P. abies* (провинции Среднеевропейская, Скандинавско-Русская и Восток Русской равнины), 5 – для культур *P. sitchensis* (Великобритания), 82 – для *P. obovata* (провинции Уральская, Западно-Сибирская, Среднесибирская, Восточно-Сибирская, Забайкальская горная и Алтае-Саянская горная), 34 – для *P. ajanensis* (Дальний Восток), 20 – для *P. schrenkiana* (Памиро-Тяньшаньская провинция), 7 – для культур *P. koraiensis* (Япония) и 4 – для *P. orientalis* (Причерноморская провинция, Кавказ). Экспериментальные данные после нанесения на схему зонально-провинциального деления территории распределились по 27 регионам (рис. 4.24).

При кодировании регионов за исходный принят уровень продуктивности ели Среднеевропейской провинции, соответствующий естественным на-

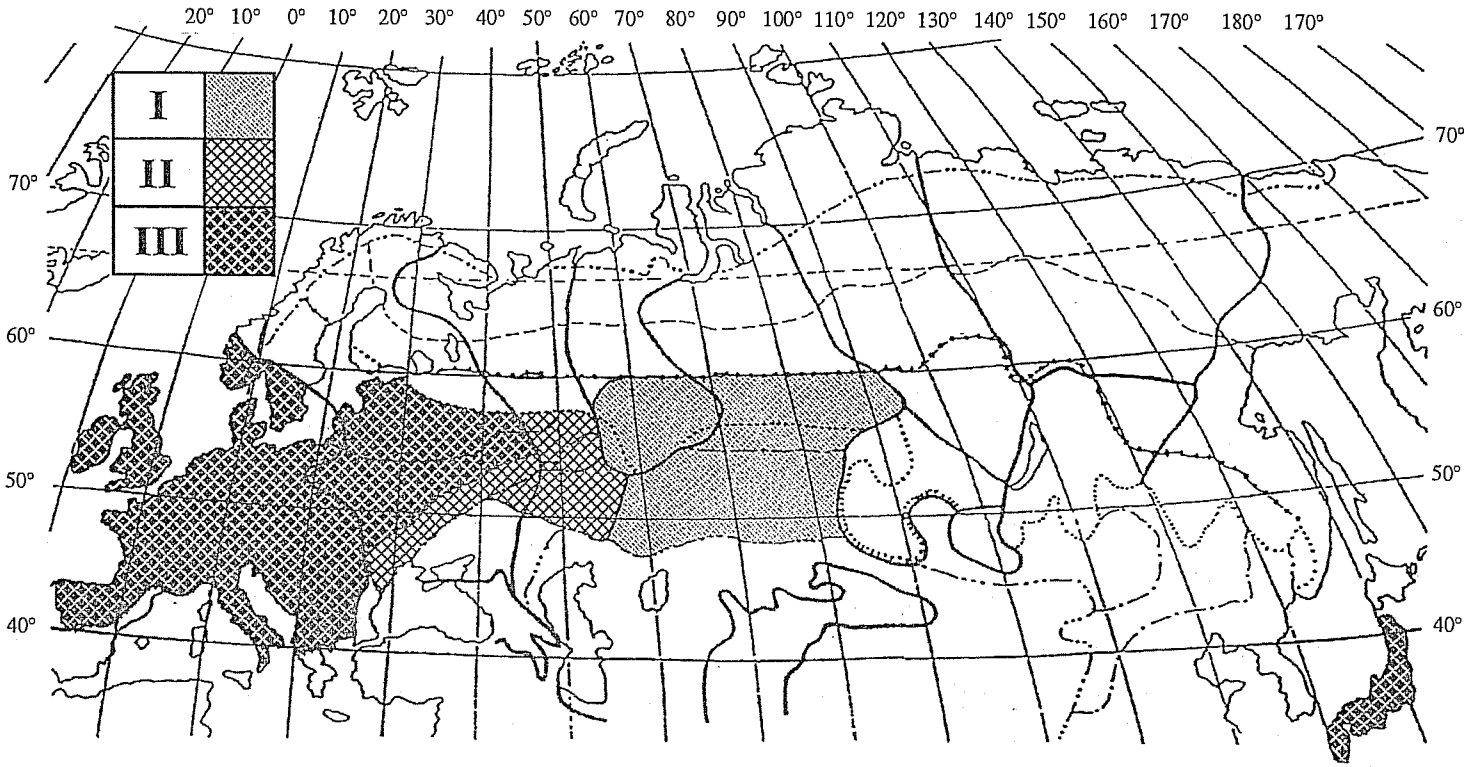


Рис. 4.22. Карта-схема распределения общей первичной продукции культур сосны в возрасте 100 лет по регионам Северной Евразии. Пояснения см. в тексте

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

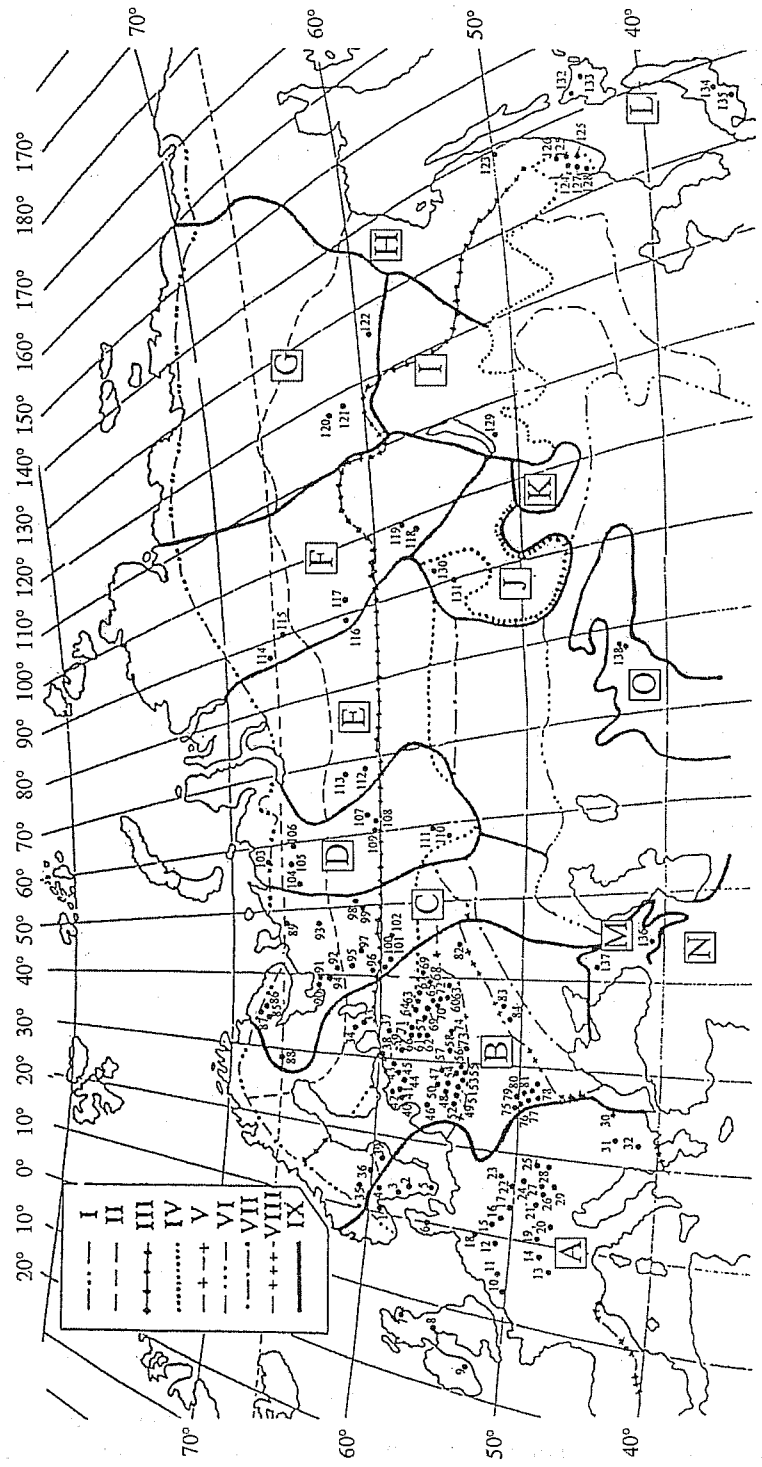


Рис. 4.24. География экспериментальных данных о фитомассе ельников в Северной Евразии. Обозначения см. на рис. 4.7

Электронный архив УГЛТУ

саждениям *P. abies* подзоны хвойно-широколиственных лесов юга Швеции. Он закодирован нулями для всех регионов (табл. 4.16). Каждый из остальных 26 регионов имеет в блоке одну единицу. Уравнение (4.2) в этом случае принимает вид

$$\ln(P_i/M) \text{ или } \ln P_i = f(X_0, \ldots, X_{26}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M), \qquad (4.17)$$

а приведенные в табл. 4.17 переменные уравнений объясняют 61–98 % изменчивости фитомассы и ее переводных коэффициентов.

Система уравнений (4.17) далее совмещается с возрастными трендами массообразующих показателей и запасов стволовой древесины по цепочке взаимозависимых уравнений:

$$\ln H = f(X_0, \ldots, X_{26}, \ln A) \rightarrow \ln D = f(X_0, \ldots, X_{26}, \ln A, \ln H) \rightarrow \ln N =$$

$$= f(X_0, \ldots, X_{26}, \ln A, \ln H, \ln D) \rightarrow \ln M = f(X_0, \ldots, X_{26}, \ln H, \ln D, \ln N). \quad (4.18)$$

Результаты расчета констант уравнений (4.18) сведены в табл. 4.18, и их независимые переменные объясняют 87–96 % изменчивости массообразующих показателей и запаса стволов.

Последовательным табулированием рекурсивных систем уравнений (4.18) и (4.17) для рода *Picea* (см. табл. 4.18 и 4.17) по задаваемым значениям возраста получены возрастные тренды всех массообразующих показателей и запасов фитомассы по каждому региону (Приложение 19). Накопление запасов фитомассы в ельниках происходит до 140 лет, а затем идет обратный процесс; в 20 лет запасы фитомассы составляют 17–22 %, в 40 лет – 49–54 %, в 60 лет – 74–77 % и в 300 лет – 72–79 % к запасам в возрасте 100 лет. Наибольшие запасы массы хвои приходятся на возраст 80 лет во всех регионах независимо от степени жесткости климатических условий.

На рис. 4.25 представлены региональные соотношения фракционной структуры фитомассы 100-летних ельников, которые в общих чертах соответствуют величинам средних высот насаждений по градиенту природной зональности и общей схеме профиля продуктивности (Лавренко и др., 1955). По широтному градиенту профиль продуктивности фитомассы оказался наиболее четко выражен в Скандинавско-Русской провинции, где фитомасса закономерно увеличивается в 5 раз от северной тайги до лесостепи (от 106 до 582 т/га), а далее к югу, в Причерноморской провинции, вновь снижается до 285 т/га.

Примерно та же картина, но в более узком зональном диапазоне – от лесотундры до южной тайги – наблюдается в Уральской провинции: фитомасса нарастает соответственно от 77 до 236 т/га. Закономерно увеличивается фитомасса *P. obovata* в Восточно-Сибирской провинции – с 58 т/га в средней тайге до 99 т/га в южной, а также *P. ajanensis* на Дальнем Востоке – с 203 т/га в подзоне средней тайги до 243 т/га в хвойно-широколиственных лесах Сихотэ-Алиня и *P. koraiensis* в Японии – с 370 т/га в средней тайге (Хоккайдо) до 587 т/га в подзоне широколиственных лесов (Хонсю). Однако в Среднесибирской провинции закономерность профиля продуктивности фитомассы выражена не столь отчетливо, видимо, вследствие малого числа и недостаточной репрезентативности экспериментальных данных.

Путем наложения расчетных данных фитомассы ельников в возрасте 100 лет, взятых из Приложения 19, на схемы изоконт и изотерм (см. рис. 4.9

Таблица 4.16

Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных о фитомассе ельников

Регион*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}	X_{20}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}
СЕхш	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СЕш	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРср	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРюж	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРхш	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРш	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРлс	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРсев	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРср	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВРюж	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРлт	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРсев	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
УРюж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЗСср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ССсев	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ССср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ССюж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВСср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ДВср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ДВхш	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ЗБюж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
АСлс	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ЯПср	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ЯПш	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ПЧ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ПТ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

* СЕхш – Среднеевропейская провинция, хвойно-широколиственные леса; СРлс – Скандинавско-Русская провинция, лесостепь; УРлт – Уральская провинция, лесотундра; ДВср – Дальний Восток, средняя тайга; ДВхш – дальневосточное Приморье, хвойно-широколиственные леса; ЯПср – Япония, Хоккайдо, средняя тайга; ЯПш – Япония, Хонсю, широколиственные леса и субтропики; ПТ – Памиро-Тяньшаньская провинция; остальные обозначения регионов см. табл. 4.1.

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.17

Характеристика уравнений (4.17) для ели

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные						
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4	a_5X_5	a_6X_6
$\ln(P_S)$, т/га	–0,9644	0,0051	0,0731	0,0246	0,0906	–0,0669	0,1232
$\ln(P_{SB})$, т/га	–1,2744	–0,1510	–0,1163	–0,2759	–0,1761	–0,0999	–0,0999
$\ln(P_F/M)$, т/м³	2,4871	–0,2348	–0,3686	–0,2113	–0,1467	–0,4622	–2,4533
$\ln(P_B/M)$, т/м³	–0,6922	0,0879	0,0913	–0,0503	0,1671	–0,0973	0,0880
$\ln(P_R/M)$, т/м³	–1,4639	0,4903	0,1778	0,1026	0,5688	0,3459	0,7953
$\ln(P_U/M)$, т/м³	0,6158	–0,7118	1,2764	2,3716	0,3224	0,6111	0,6111

Зависимые переменные	a_7X_7	a_8X_8	a_9X_9	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$	$a_{12}X_{12}$	$a_{13}X_{13}$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0477	0,1481	0,1049	0,0851	–0,0666	0,1523	0,0344
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,3036	0,1198	0,2588	0,3237	0,3237	0,2273	–0,1173
$\ln(P_F/M)$, т/м³	–0,6267	–0,0204	–0,1336	–1,2983	–0,2326	–0,0706	–0,1352
$\ln(P_B/M)$, т/м³	0,1741	0,1573	0,0569	0,5402	0,1470	–0,1191	–0,1011
$\ln(P_R/M)$, т/м³	0,1227	0,7345	0,4751	1,5203	1,0912	0,7345	0,4751
$\ln(P_U/M)$, т/м³	2,1262	0,8402	0,0164	2,7914	2,4151	0,4689	0,4689

Зависимые переменные	$a_{14}X_{14}$	$a_{15}X_{15}$	$a_{16}X_{16}$	$a_{17}X_{17}$	$a_{18}X_{18}$	$a_{19}X_{19}$	$a_{20}X_{20}$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0190	0,0368	–0,0544	0,0915	0,0266	–0,0593	0,0650
$\ln(P_{SB})$, т/га	0,2273	0,3598	0,1852	–0,3711	0,3328	0,1273	0,2136
$\ln(P_F/M)$, т/м³	0,0012	–0,3128	–0,2715	–1,0858	–0,1819	–0,2849	–0,5340
$\ln(P_B/M)$, т/м³	0,0838	0,1800	0,1307	0,2652	–0,1283	0,1841	0,3288
$\ln(P_R/M)$, т/м³	0,7345	1,0912	0,7345	0,6836	0,7345	0,1120	0,2178
$\ln(P_U/M)$, т/м³	1,0505	1,5509	0,4897	1,2350	1,2334	1,1116	1,5508

Зависимые переменные	$a_{21}X_{21}$	$a_{22}X_{22}$	$a_{23}X_{23}$	$a_{24}X_{24}$	$a_{25}X_{25}$	$a_{26}X_{26}$	$a_{27}(\ln A)$	$a_{28}(\ln A)^2$
$\ln(P_S)$, т/га	–0,0475	–0,0783	0,1892	0,2492	0,4653	–0,1789	0,0859	–
$\ln(P_{SB})$, т/га	–0,3711	–0,1849	0	0	0,0524	0,0524	–	–
$\ln(P_F/M)$, т/м³	0,0086	–2,1212	–0,0318	0,0531	–0,0081	–0,5801	–1,3243	0,1268
$\ln(P_B/M)$, т/м³	0,3281	1,5514	–0,2838	–0,1673	0,1960	–0,1074	–	–
$\ln(P_R/M)$, т/м³	0,6836	–0,0073	0	0	–0,9299	–0,9299	0,1922	–
$\ln(P_U/M)$, т/м³	1,2350	1,2350	0	0	0,0884	0,0884	–	–

Зависимые переменные	$a_{29}(\ln M)$	$a_{30}(\ln D)$	$a_{31}(\ln N)$	$a_{32}(\ln H)$	$a_{33}(\ln P_S)$	$a_{34}(\ln P_F/M)$	R^2	SE
$\ln(P_S)$, т/га	0,9434	–	–	–	–	–	0,986	0,134
$\ln(P_{SB})$, т/га	–	–0,2952	–	–	0,9765	–	0,962	0,196
$\ln(P_F/M)$, т/м³	–	–	–	–0,7266	–	–	0,792	0,383
$\ln(P_B/M)$, т/м³	–	0,4019	–	–0,5357	–	0,5552	0,800	0,264
$\ln(P_R/M)$, т/м³	–	–	–0,0942	–0,6019	–	–	0,611	0,265
$\ln(P_U/M)$, т/м³	–	–1,0994	–0,8098	–1,0458	–	–	0,804	0,702

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.18

Характеристика уравнений (4.18) для ели

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные						
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4	a_5X_5	a_6X_6
ln(*H*), м	–4,0692	0,2335	–0,3833	0,0996	0,1849	0,2791	0,3680
ln(*D*), см	0,0377	0,0744	–0,1412	–0,1438	–0,0995	0,0248	0,1096
ln(*N*), тыс. шт/га	–1,4340	0,1407	0,6114	0,0618	0,0019	0,1598	0,4746
ln(*M*), м³/га	–1,2995	0,0127	–0,1992	–0,2118	–0,0759	–0,0272	–0,0250
Зависимые переменные	a_7X_7	a_8X_8	a_9X_9	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$	$a_{12}X_{12}$	$a_{13}X_{13}$
ln(*H*), м	–0,7192	–0,1315	–0,0725	–0,7154	–0,8486	–0,3345	–0,1087
ln(*D*), см	0,0530	–0,1140	–0,1011	0,3845	–0,0189	–0,1675	–0,0074
ln(*N*), тыс. шт/га	0,2895	0,4552	–0,1929	–0,9501	0,2436	0,4876	0,2513
ln(*M*), м³/га	–0,0141	–0,1767	–0,2774	–0,2955	–0,3163	–0,0483	–0,0815
Зависимые переменные	$a_{14}X_{14}$	$a_{15}X_{15}$	$a_{16}X_{16}$	$a_{17}X_{17}$	$a_{18}X_{18}$	$a_{19}X_{19}$	$a_{20}X_{20}$
ln(*H*), м	–0,1421	–0,4422	–0,2803	–0,5259	–0,6247	–0,1484	–0,2057
ln(*D*), см	–0,2359	–0,1475	–0,3212	–0,0392	–0,2270	0,0441	0,1028
ln(*N*), тыс. шт/га	0,5870	0,4683	0,1019	0,7111	–0,6775	0,9639	0,8610
ln(*M*), м³/га	–0,0044	–0,3659	–0,4599	0,0816	–0,2988	–0,5365	–0,3087
Зависимые переменные	$a_{21}X_{21}$	$a_{22}X_{22}$	$a_{23}X_{23}$	$a_{24}X_{24}$	$a_{25}X_{25}$	$a_{26}X_{26}$	$a_{27}(\ln A)$
ln(*H*), м	–0,3664	–0,3557	0,3779	0,4397	–0,0921	–0,0231	2,6411
ln(*D*), см	–0,2246	0,0935	0,1456	0,2599	0,2148	0,1182	0,1643
ln(*N*), тыс. шт/га	–0,0092	0,0487	–0,2835	0,2892	0,6210	–0,0475	2,7816
ln(*M*), м³/га	–0,5076	0,1139	0,0036	–0,0656	–0,3877	–0,1353	–
Зависимые переменные	$a_{28}(\ln A)^2$	$a_{29}(\ln D)$	$a_{30}(\ln N)$	$a_{31}(\ln H)$	$a_{32}(\ln H)^2$	R^2	*SE*
ln(*H*), м	–0,2348	–	–	–	–	0,882	0,237
ln(*D*), см	–	–	–	0,5927	0,0599	0,959	0,145
ln(*N*), тыс. шт/га	–0,3779	–1,5430	–	0,3868	–	0,874	0,317
ln(*M*), м³/га	–	1,1299	0,6789	1,2501	–	0,954	0,243

и 4.10) составлена двухвходовая таблица для фитомассы и рассчитаны уравнения:

$$\ln P_{\text{АВО}} = -12{,}4 + 4{,}44(\ln IC) - 0{,}69(\ln IC)^2 + 5{,}0(\ln T) - 0{,}55(\ln T)^2,$$

$$R^2 = 0{,}79; \qquad (4.19)$$

$$\ln P_{\text{ТОТ}} = -7{,}63 + 4{,}08(\ln IC) - 0{,}64(\ln IC)^2 + 3{,}08(\ln T) - 0{,}33(\ln T)^2,$$

$$R^2 = 0{,}68, \qquad (4.20)$$

в которых обозначения соответствуют уравнениям (4.5) и (4.6). Оба климатических параметра статистически достоверны. Графическая интерпретация уравнений (4.19) и (4.20) на рис. 4.26 наглядно демонстрирует положительную зависимость фитомассы от суммы эффективных температур и отрицательную – от индекса континентальности.

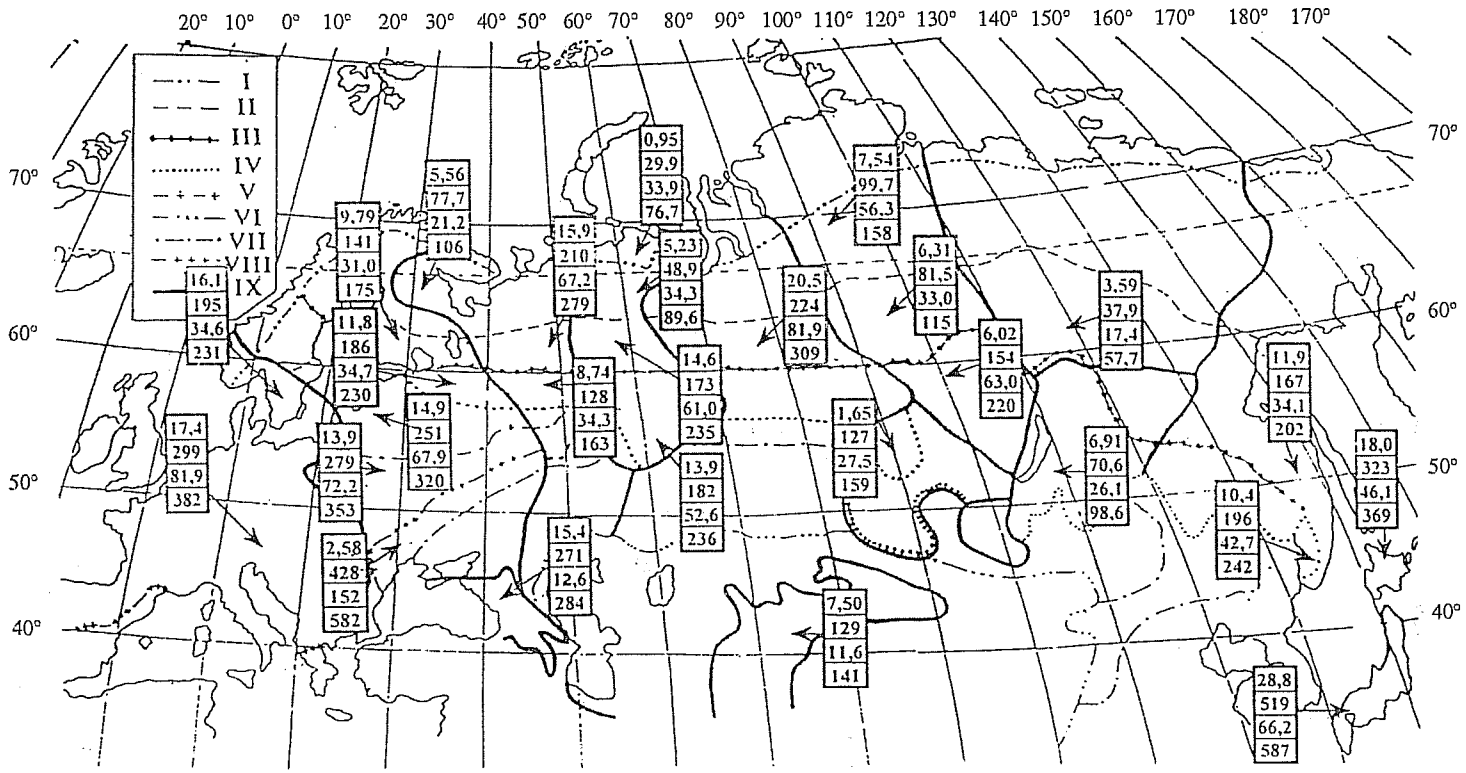


Рис. 4.25. Обобщенный по регионам фракционный состав фитомассы ельников в возрасте 100 лет, приведенный в сопоставимое состояние. Обозначения регионов, границ и цифр в колонках см. на рис. 4.7 и 4.19

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

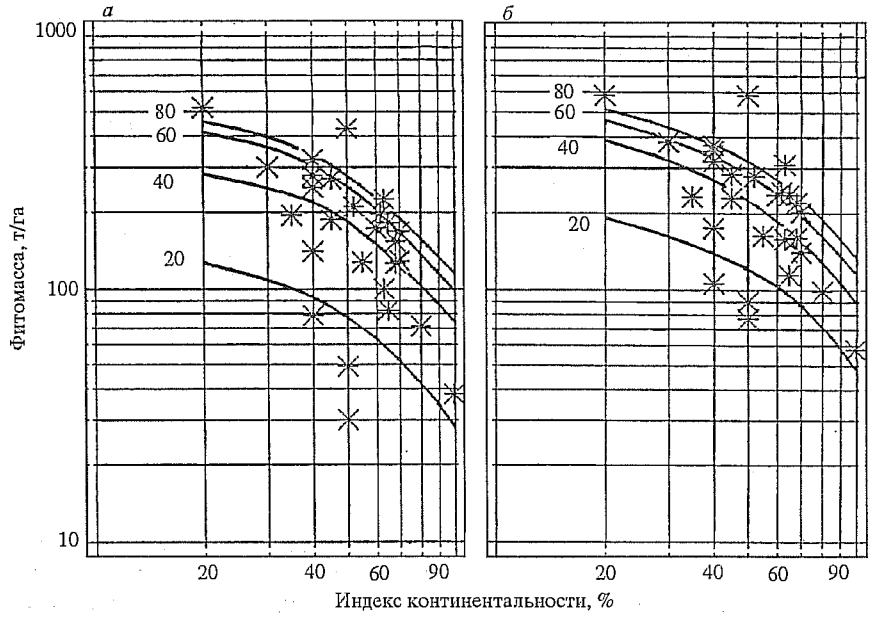


Рис. 4.26. Связь расчетных показателей надземной (*а*) и общей (*б*) абсолютно сухой фитомассы естественных ельников с индексом континентальности климата и суммой эффективных температур

Прежде чем приступить к географическому анализу фитомассы и *NPP* ельников Северной Евразии, сопоставим на примере естественных северотаежных ельников Европейской России и Урала два метода моделирования *NPP*, апробированные ранее на сосняках, с использованием эмпирических данных 24 пробных площадей, включенных в состав базы данных *NPP* лесов Северной Евразии (см. Приложение 16). Эта сводка была опубликована ранее (Усольцев и др., 2002а).

Уравнение (3.9) и составляющую основу нашей концепции зависимость (3.12), приведенные выше, модифицировали в соответствии со спецификой фитомассы и *NPP* естественных ельников и в результате получили следующие две системы уравнений:

$$Z_F/M = 0{,}000339 + 1{,}1633/A;\ Z_S/M = -0{,}00279 + 0{,}9737/A;$$
$$Z_B/M = 0{,}00650 - 0{,}4146/A;\ Z_R/M = 0{,}000766 + 0{,}3336/A; \qquad (4.21)$$
$$Z_U/M = 0{,}0335 - 2{,}2525/A$$

соответственно по фракциям $R^2 = 0{,}22;\ 0{,}38;\ 0{,}11;\ 0{,}05;\ 0{,}01;$

$$\ln Z_F = -0{,}3513 + 0{,}4153\ln P_F - 0{,}7908\ln A + 0{,}7587\ln M \rightarrow$$
$$\rightarrow \ln Z_S = 2{,}7452 + 0{,}8185\ln Z_F - 0{,}7160\ln A \rightarrow$$
$$\rightarrow \ln Z_B = -5{,}9137 + 0{,}8673\ln P_F + 0{,}7390\ln A \rightarrow \qquad (4.22)$$
$$\rightarrow \ln Z_R = 0{,}7664 + 0{,}9089\ln Z_S - 0{,}5397\ln P_F \rightarrow$$
$$\rightarrow \ln Z_U = -0{,}3775 + 0{,}3867\ln P_U$$

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.19

Ошибка (±) определения первичной продукции по уравнениям (4.21) и (4.22), % к фактическому значению

Фракция фитомассы	Уравнение (4.21)		Уравнение (4.22)	
	Для одного определения	Для всех случаев	Для одного определения	Для всех случаев
Хвоя	51,1	10,4	46,2	9,4
Ветви	51,5	10,7	35,7	7,4
Ствол	88,4	18,0	47,9	9,7
Корни	90,4	22,6	87,4	21,2
Нижние ярусы	295,5	69,7	157,3	37,1
Надземная древостоя	41,6	8,5	25,9	5,9
Общая древостоя*	40,6	8,3	22,0	4,5
Общая насаждения*	104,9	21,4	36,4	7,4

* Общая фитомасса древостоя равна сумме масс надземной и подземной; общая фитомасса насаждения – сумме масс общей древостоя и нижних ярусов.

соответственно по фракциям $R^2 = 0{,}65$; 0,76; 0,66; 0,77; 0,20, в которых обозначения те же, что в уравнениях (4.7) и (4.8). Судя по коэффициентам R^2, зависимости (4.21) менее (на 50–95 %, в среднем на 77 %) детерминированы по сравнению с (4.22) и к тому же оказались достоверными лишь для хвои и стволов. Результаты расчета ошибок регрессионного определения *NPP* фракционного состава фитомассы по отношению к фактическим значениям приведены в табл. 4.19.

Сопоставление полученных результатов показывает, что при определении продукции хвои, корней, нижних ярусов, а также надземной и общей древостоя и общей насаждения преимущество по точности имеет второй вариант, в котором продукция фитомассы ставится в зависимость от массы ассимиляционного аппарата.

Дальнейшие расчеты, связанные с моделированием *NPP* ельников, получением возрастных трендов по экорегионам Северной Евразии и анализом географических закономерностей распределения *NPP* по зональному и провинциальному градиентам, аналогичны расчетам для фитомассы насаждений. База данных о *NPP* фитомассы ельников включает в себя информацию со 104 пробных площадей, позаимствованных из 50 литературных источников (см. Приложение 16). Данные о первичной продукции сопровождаются полной таксационной и частично лесотипологической характеристиками пробных площадей, а также данными фитомассы на 1 га.

Исходный массив данных включает в себя экспериментальные показатели *NPP* по фракциям (ствол, ветви, хвоя, корни, нижние ярусы) и запаса стволовой древесины, а также основные массообразующие показатели, и состоит из 95 определений для *P. abies* (провинции Среднеевропейская, Скандинавско-Русская и Восток Русской равнины), 4 – для *P. obovata* (Уральская и Алтае-Саянская провинции) и 5 – для *P. koraiensis* и *P. glehnii* (Япония). Экспериментальные данные после нанесения на схему зонально-провинциального деления распределились по 12 регионам (рис. 4.27).

Все регионы закодированы блоковыми фиктивными переменными X_0, …, X_{11} (табл. 4.20). При кодировке регионов за исходный (нулевой) при-

Электронный архив УГЛТУ

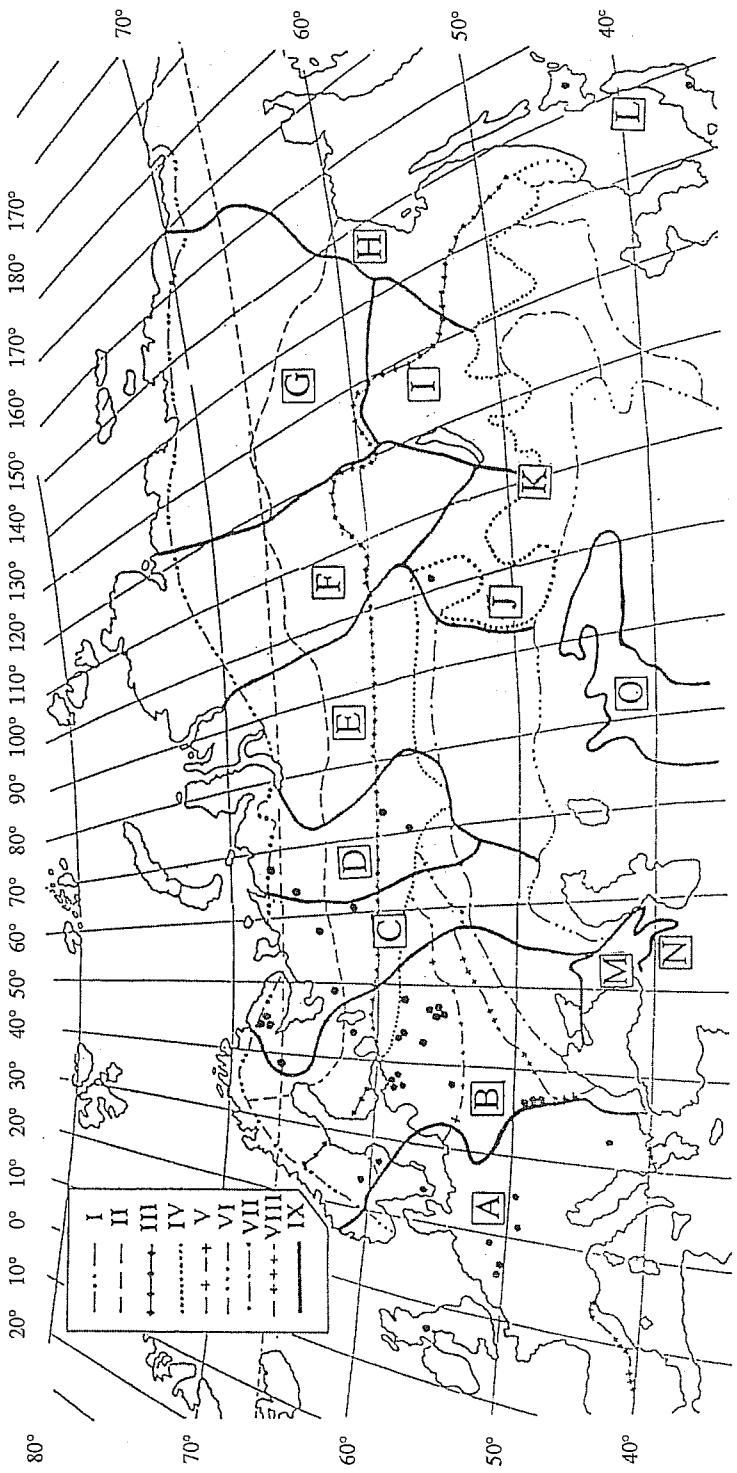


Рис. 4.27. Географія экспериментальных данных о годичной первичной продукции ельников Северной Евразии.
Обозначения см. на рис. 4.7

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.20

Схема кодирования блоковыми фиктивными переменными региональных массивов данных о первичной продукции елышков (*Picea*) Северной Евразии

Регион*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
СЕхш (*P. abies*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СЕш (*P. abies*)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРср (*P. abies*)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СРхш (*P. abies*)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
СРш (*P. abies*)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ВРсев (*P. abies*)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
УРлт (*P. obovata*)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
УРсев (*P. obovata*)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
УРср (*P. obovata*)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
АСлс (*P. obovata*)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ЯПср (*P. koraiensis*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ЯПш (*P. glehnii*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

* СЕхш – Среднеевропейская провинция, хвойно-широколиственные леса; УРлт – Уральская провинция, лесотундра; ЯПср – Япония, Хоккайдо, средняя тайга; ЯПш – Япония, Хонсю, широколиственные леса и субтропики; остальные обозначения регионов см. табл. 4.1.

Таблица 4.21

Характеристика уравнений (4.23)

Зависимые переменные (т/га)	Константы и независимые переменные						
	a_0	a_1X_1	a_2X_2	a_3X_3	a_4X_4	a_5X_5	a_6X_6
$\ln Z_F$	–0,5675	0,6199	0,6970	0,3832	0,1432	0,6081	0,8466
$\ln Z_S$	3,5943	0,0463	–0,0295	–0,3347	0,1341	–0,5875	0,1509
$\ln Z_B$	–0,4372	0,3480	0,0326	1,4359	0,1161	1,5302	–0,0753
$\ln Z_R$	0,0195	–0,2400	–0,0427	0,1523	0,9080	–0,6802	1,2677
Z_U/P_U*	1,00	1,00	–0,7720	–0,7296	0	–0,8555	–0,8344
Зависимые переменные (т/га)	a_7X_7	a_8X_8	a_9X_9	$a_{10}X_{10}$	$a_{11}X_{11}$	$a_{12}\ln P_F$	$a_{13}\ln A$
$\ln Z_F$	0,4782	–1,3068	0,5591	0,3296	0,2943	0,7256	–0,5020
$\ln Z_S$	–1,2542	–0,3599	0,1345	–0,5443	–0,2686	0,7008	–0,9929
$\ln Z_B$	–0,3971	0,8116	0,5302	0,3377	–0,1228	–	–0,2754
$\ln Z_R$	0,1484	0,1484	0,3227	0,3227	0,3227	–	–
Z_U/P_U*	–0,9855	–0,1774	–0,1774	–0,5750	–0,5750	–	–

Зависимые переменные (т/га)	$a_{14}\ln D$	$a_{15}\ln N$	$a_{16}\ln H$	$a_{17}\ln Z_F$	$a_{18}\ln Z_S$	$a_{19}\ln Z_B$	R^2	SE
$\ln Z_F$	0,4607	–	–	–	–	–	0,780	0,382
$\ln Z_S$	–	–0,3624	–	0,3456	–	–	0,916	0,388
$\ln Z_B$	–	–	–	0,2544	0,5051	–	0,821	0,433
$\ln Z_R$	1,1585	–	–1,1916	–	0,4262	0,4790	0,883	0,426
Z_U/P_U*	–	–	–	–	–	–	0,850	0,093

* Z_U/P_U – безразмерная величина.

Электронный архив УГЛТУ

нят уровень продуктивности ельников подзоны хвойно-широколиственных лесов Средней Европы. Система рассчитанных рекурсивных уравнений имеет общий вид:

$$\ln Z_F = f(X_0, \ldots, X_{11}, \ln P_F, \ln A, \ln D) \rightarrow$$
$$\rightarrow \ln Z_S = f(X_0, \ldots, X_{11}, \ln P_F, \ln Z_F, \ln A, \ln N) \rightarrow$$
$$\rightarrow \ln Z_B = f(X_0, \ldots, X_{11}, \ln Z_S, \ln Z_F, \ln A) \rightarrow \quad (4.23)$$
$$\rightarrow \ln Z_R = f(X_0, \ldots, X_{11}, \ln Z_S, \ln Z_{BR}, \ln D, \ln H) \rightarrow$$
$$\rightarrow Z_U / P_U = f(X_0, \ldots, X_{11}).$$

Система (4.23) рассчитана по исходным данным 104 наблюдений (см. Приложение 16), а ее характеристики приведены в табл. 4.21. Полученные уравнения объясняют 78–92 % изменчивости Z_S, Z_F, Z_B, Z_R и относительного показателя Z_U/P_U, что свидетельствует об их высокой адекватности.

В результате последовательного табулирования уравнений (4.18), (4.17) и (4.23) по задаваемым значениям возраста получены возрастные тренды *NPP* ельников Северной Евразии, совмещенные с таковыми для массообразующих показателей и показателей фитомассы по полному фракционному составу (см. Приложение 19). Показатели общей (надземной + подземной) *NPP* и продукции хвои нарастают до возраста 40 и 60 лет соответственно, после чего идет постепенное их снижение.

Анализ региональных соотношений фракционной структуры *NPP* ельников для возраста 100 лет (рис. 4.28) показывает, что по широтному градиенту Средней Европы (примерно 15-й меридиан) общая *NPP* увеличивается и составляет в подзонах хвойно-широколиственных и далее к югу – широколиственных лесов 8,3 и 13, 6 т/га/год соответственно. В Скандинавско-Русской провинции (примерно по 30-му меридиану) *NPP* также закономерно возрастает от северной тайги (3,9) к средней (5,3) и далее к югу в подзонах хвойно-широколиственных (10,0) и широколиственных (12,0 т/га/год) лесов. На Урале (примерно 60-й меридиан) аналогичная закономерность прослеживается с севера на юг по подзонам лесотундры, северной и средней тайги для показателя надземной первичной продукции – соответственно 1,10; 1,23 и 1,64 т/га/год. По общей продукции подобная закономерность отсутствует вследствие экстремально высокой годичной продукции нижних ярусов растительности в лесотундре в сравнении с древесным ярусом.

Таким образом, по меридиональному градиенту *NPP* ельников закономерно снижается в направлении от Атлантического и Тихоокеанского побережий к сибирским экорегионам.

На основании изложенного выше рассчитано двухфакторное уравнение

$$\ln Z_T = 2{,}1175 - 0{,}7812 \ln IC + 0{,}7241 \ln T, \; R^2 = 0{,}695, \quad (4.24)$$

графическая интерпретация которого представлена на рис. 4.29. Обнаруженные зонально-провинциальные закономерности *NPP* находятся в соответствии с ранее выявленными региональными закономерностями распределения запасов фитомассы ельников Северной Евразии.

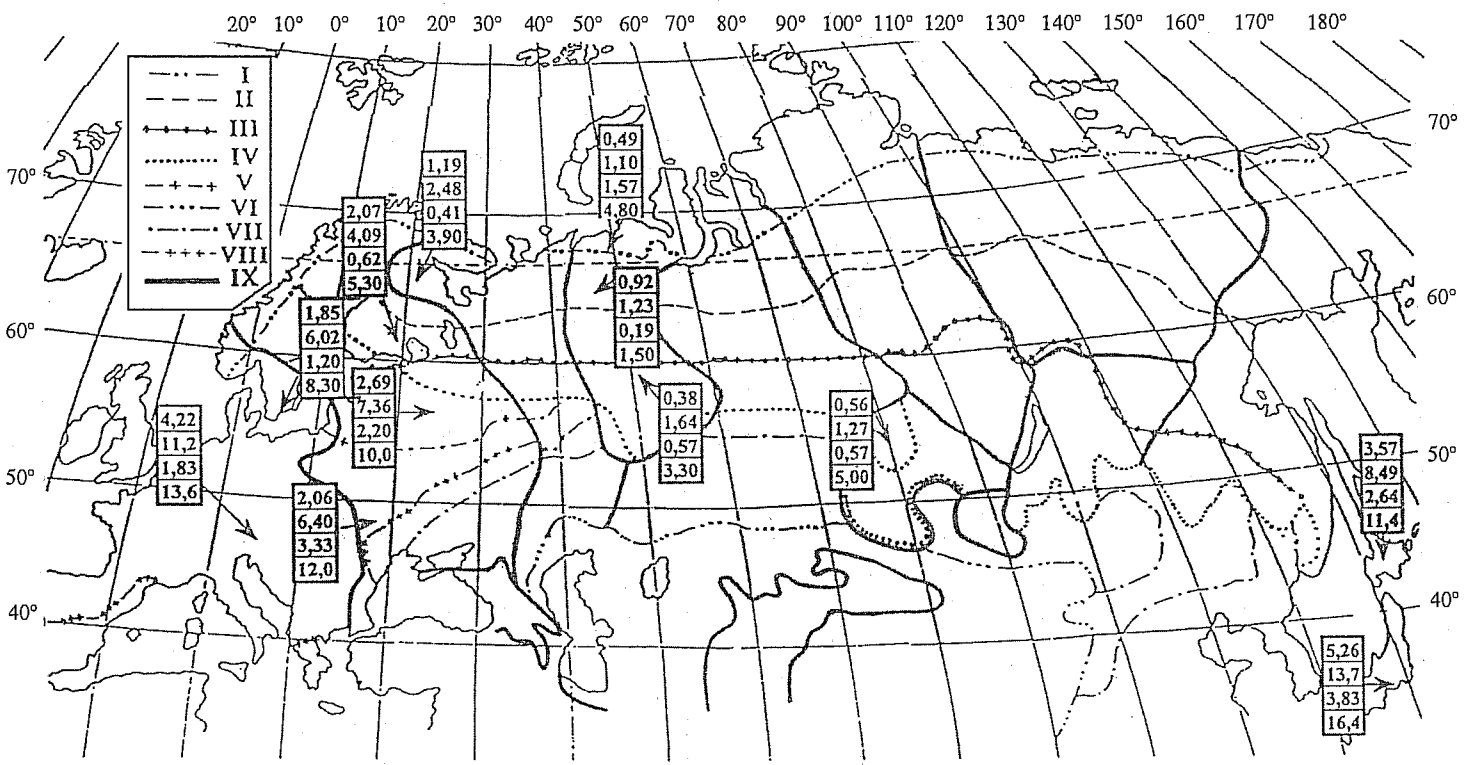


Рис. 4.28. Обобщенный по регионам фракционный состав первичной продукции ельников в возрасте 100 лет, приведенный в сопоставимое состояние. Обозначения регионов, границ и цифр в колонках см. на рис. 4.7 и 4.19

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

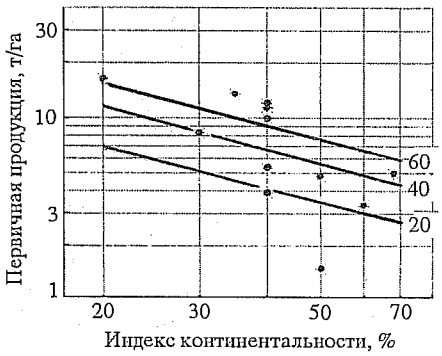


Рис. 4.29. Зависимость средних значений общей (надземной + подземной) первичной продукции 100-летних ельников от индекса континентальности климата по Ценкеру и суммы эффективных температур

В результате анализа регионального распределения *NPP* ельников по полному фракционному составу (см. рис. 4.28) установлено, что соотношение фракций в общей *NPP* ельников существенно отличается от такового в общей фитомассе, причем это отличие имеет определенные географические тренды. В частности, в 100-летнем возрасте доля годичной продукции хвои в общей *NPP* ($Zf_{отн}$) снижается по мере возрастания континентальности климата (рис. 4.30, *б*) согласно уравнению

$$\ln Zf_{отн} = 6{,}863 - 1{,}025 \ln IC,\ R^2 = 0{,}474, \qquad (4.25)$$

тогда как доля массы всей хвои в общей фитомассе насаждения ($Pf_{отн}$), напротив, увеличивается пропорционально индексу континетальности (рис. 4.30, а) по уравнению

$$\ln Pf_{отн} = -4{,}795 + 1{,}067 \ln IC,\ R^2 = 0{,}332, \qquad (4.26)$$

при значимости констант уравнений (4.25) и (4.26) $t_{05} > 2{,}0$.

Таким образом, предложенный метод совмещения регрессионных зависимостей *NPP* ельников от массы хвои с возрастными трендами массы хвои, рассчитанными на основании базы данных в количестве 597 определений, позволил корректно совместить возрастные закономерности годичной *NPP* фитомассы с таковыми для наличного запаса фитомассы.

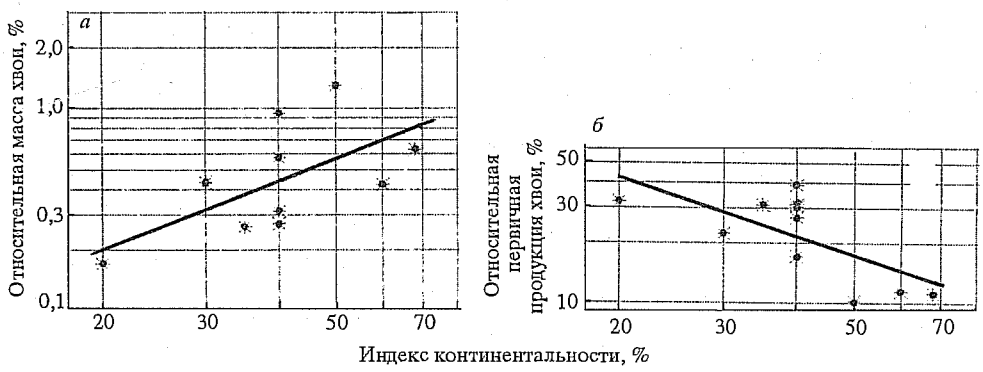


Рис. 4.30. Зависимость доли массы хвои в общей фитомассе (*а*) и доли первичной продукции хвои в общей первичной продукции (*б*) 100-летних ельников от индекса континентальности климата

Электронный архив УГЛТУ

4.3. ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА НА ЛЕСОПОКРЫТЫХ ПЛОЩАДЯХ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

4.3.1. РАСЧЕТ И КАРТИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО ПУЛА В НАСАЖДЕНИЯХ ЛЕСОПОКРЫТЫХ ПЛОЩАДЕЙ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Из сформированной базы данных о запасах фитомассы в насаждениях основных лесообразующих древесных пород Северной Евразии (Усольцев, 2001), дополненной данными Приложения 15, для Урала и прилегающих к нему регионов отобрано 1230 определений, в том числе: сосна – 326, ель – 71, пихта – 52, лиственница – 176, кедр – 73, береза – 172, осина – 81, ольха серая – 34, ольха черная – 30, липа – 215.

Данные фитомассы проанализированы в связи с возрастом и запасом древостоев как основными определяющими массообразующими показателями, входящими в сводки ГУЛФ. Регрессионные модели рассчитаны без подразделения их по зональному признаку по двум причинам: 1) недостаточная обеспеченность эмпирическими данными о фитомассе основных лесообразующих пород Уральского региона по полному фракционному составу и 2) отсутствие достоверного различия между ПК для северной и южной широтно-зональных полос, выявленное по лесам России в целом (Замолодчиков, Уткин, 2000).

Модели, описывающие зависимость фитомассы в абсолютно сухом состоянии (P_i, т/га) каждой фракции (стволы, ветви, хвоя, корни, нижние ярусы, куда включены подлесок, подрост и напочвенный покров – соответственно P_S, P_B, P_F, P_R, P_U, т/га) от возраста (A, лет) и запаса (M, м^3/га) насаждения, рассчитаны для каждой древесной породы отдельно и в общем имеют следующий вид:

$$\ln P_i \text{ или } \ln(P_i/M) = f[\ln A, (\ln A)^2, \ln M, \ln(P_B/M), \ln(P_F/M)]. \qquad (4.27)$$

Его характеристики по древесным породам приведены в табл. 4.22.

Несмотря на относительно низкие коэффициенты детерминации для некоторых фракций, все приведенные в табл. 4.22 константы статистически значимы на уровне t_{05}. Ранее (Усольцев, 1998, 2001) была обоснована и применена структура моделей фитомассы с бóльшим количеством массообразующих показателей в качестве независимых переменных, предназначенных для многовариантного использования, в частности для стыковки моделей с ТХР либо с повыдельными банками данных ГУЛФ на магнитных носителях, позволяющими выполнить их многовходовое структурирование в соответствии с массоопределяющими факторами моделей.

В данном случае, т. е. на региональном уровне, мы используем иной метод, поскольку существующая система лесоустройства не адаптирована к алгоритмам расчета углерододепонирующей способности лесов: в сводных материалах ГУЛФ имеются данные лишь о лесопокрытых площадях и общих запасах стволовой древесины, распределенных по породам и классам либо группам возраста.

Согласно данным ГУЛФ определены по группам возраста занимаемые площади и запасы стволовой древесины каждой из лесообразующих пород в каждом лесхозе на территории Уральского федерального округа (УрФО). С учетом возраста главной рубки, назначенного лесоустройством по каж-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.22

Характеристика уравнений (4.27) для лесообразующих пород Урала

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4\ln(P_B/M)$		
Лиственница							
$\ln P_S$, т/га	–0,8145	0,0396	–	0,9956	–	0,992	0,106
$\ln(P_B/M)$, т/м³	1,4611	–1,7473	0,1777	–	–	0,288	0,236
$\ln(P_F/M)$, т/м³	–0,9048	–0,3814	–	–	0,5662	0,519	0,367
$\ln P_R$, т/га	–1,2790	0,3425	–	0,5960	–	0,856	0,504
$\ln P_U$, т/га	1,7538	0,6194	–	–0,8091	–	0,501	0,762
Сосна							
$\ln P_S$, т/га	–1,2149	0,3145	–0,0349	0,9366	–	0,974	0,151
$\ln(P_B/M)$, т/м³	–1,9419	0,2167	–	–	0,5508	0,559	0,300
$\ln(P_F/M)$, т/м³	7,5882	–4,9154	0,5260	–	–	0,706	0,441
$\ln P_R$, т/га	–0,9580	–	–	0,7821	–	0,706	0,429
$\ln(P_U/M)$, т/м³	–1,5852	1,0249	–	–1,4294	–	0,649	0,960

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4\ln(P_F/M)$		
Ель							
$\ln P_S$, т/га	–0,6161	–	–	0,9605	–	0,982	0,134
$\ln(P_B/M)$, т/м³	1,4929	–1,3734	0,1940	–	0,6856	0,800	0,213
$\ln(P_F/M)$, т/м³	6,0568	–3,7282	0,3798	–	–	0,786	0,298
$\ln(P_R/M)$, т/м³	2,7612	–	–	–0,8556	–	0,840	0,234
$\ln(P_U/M)$, т/м³	4,3825	–	–	–1,5607	–	0,750	0,765
Пихта							
$\ln P_S$, т/га	2,3780	–1,5254	0,1689	0,9886	–	0,955	0,129
$\ln(P_B/M)$, т/м³	7,6323	–4,1512	0,4913	–	0,5753	0,872	0,181
$\ln(P_F/M)$, т/м³	15,0651	–7,7931	0,8211	–	–	0,826	0,226
$\ln P_R$, т/га	–2,9922	–	–	1,0748	–	0,902	0,179
$\ln(P_U/M)$, т/м³	–2,7293	0,6354	–	–0,8855	–	0,509	0,442
Кедр							
$\ln P_S$, т/га	–1,1105	–	–	1,0470	–	0,988	0,167
$\ln(P_B/M)$, т/м³	–5,3615	2,4578	–0,2575	–	0,9188	0,899	0,307
$\ln(P_F/M)$, т/м³	3,8772	–2,4564	0,1971	–	–	0,848	0,390
$\ln P_R$, т/га	–1,6951	–	–	0,9063	–	0,945	0,218
$\ln(P_U/M)$, т/м³	1,0038	0,4517	–	–1,3257	–	0,790	0,552
Береза							
$\ln P_S$, т/га	–0,7536	–	–	1,0154	–	0,991	0,106
$\ln(P_B/M)$, т/м³	–1,8086	0,1202	–	–	0,2838	0,456	0,163
$\ln(P_F/M)$, т/м³	1,4164	–2,2059	0,2151	–	–	0,771	0,304
$\ln P_R$, т/га	–0,0821	–	–	0,6536	–	0,860	0,341
$\ln(P_U/M)$, т/м³	1,2350	0,2981	–	–1,3447	–	0,731	0,105

Электронный архив УГЛТУ

Окончание табл. 4.22

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4\ln(P_F/M)$		
Осина							
$\ln P_S$, т/га	–0,7897	0,1124	–	0,9261	–	0,984	0,161
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–1,0142	0,8695	–	–	1,0947	0,743	0,299
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	1,7256	–2,5244	0,2374	–	–	0,731	0,389
$\ln P_R$, т/га	–1,2991	–	–	0,8939	–	0,852	0,356
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	0,5967	–	–	–1,0621	–	0,763	0,615
Ольха серая							
$\ln P_S$, т/га	–0,6976	0,1218	–	0,8864	–	0,984	0,135
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–0,1682	–1,9427	0,3080	–	–	0,758	0,230
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	2,1098	–3,9122	0,5991	–	–	0,847	0,390
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	–2,6039	2,7978	–0,4861	–0,7834	–	0,896	0,283
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	–2,7464	0,8987	–	–0,8226	–	0,450	0,719
Ольха черная							
$\ln P_S$, т/га	–0,3275	–0,2818	–	1,1265	–	0,894	0,156
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–2,4008	–	–	–	0,1476	0,306	0,152
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	–0,3735	–	–	–0,7524	–	0,841	0,337
$\ln P_R$, т/га	–1,3891	0,3286	–	0,6470	–	0,903	0,128
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	1,1616	–	–	–1,0462	–	0,623	0,415

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln M)$	$a_4\ln(P_F)$		
Липа							
$\ln P_S$, т/га	–1,4452	0,2491	–0,0238	1,0030	–	0,999	0,028
$\ln(P_B/M)$, т/м^3	–3,2115	1,6353	–0,1508	–0,8069	0,6183	0,856	0,150
$\ln(P_F/M)$, т/м^3	–1,5583	0,9921	–0,1312	–0,9014	–	0,931	0,184
$\ln(P_R/M)$, т/м^3	2,5159	–	–	–0,7900	–	0,884	0,303
$\ln(P_U/M)$, т/м^3	10,242	–10,418	1,0860	1,6729	–	0,846	0,533

дой породе, группы возраста идентифицированы классами возраста. Итоговые результаты на примере Свердловской области приведены в табл. 4.23. Сводные таблицы распределения лесопокрытой площади, общих запасов стволовой древесины и запасов, отнесенных на 1 га, по остальным лесхозам и административным образованиям даны в Приложении 20. По материалам полученных таблиц составлены карты-схемы (рис. 4.31–4.36), дающие общее наглядное представление о распределении запасов стволовой древесины по территории административных образований.

Путем табулирования моделей (4.27) по запасу стволов (M, м^3/га) и возрасту (A, лет) насаждений (для Алапаевского лесхоза эти показатели приведены в табл. 4.24) рассчитаны запасы фитомассы по фракциям на 1 га лесопокрытой площади в каждой ячейке матрицы. Затем умножением их на лесопокрытую площадь, соответствующую каждой ячейке, получены запа-

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.23

Распределение лесопокрытых площадей, общих запасов и запасов на 1 га по лесхозам Свердловской области

№ по карте-схеме	Лесхоз	Покрытая лесом площадь, га	Общий запас, тыс. м³	Запас, м³/га
1	Алапаевский	334 450	45 130	135
2	Артинский	73 041	14 116	193
3	Асбестовский	52 418	10 826	207
4	Ачитский	65 337	13 096	200
5	Байкаловский	46 883	4820	103
6	Березовский	67 892	15 174	224
8	Билимбаевский	106 375	26 205	246
7	Бисертский	144 780	19 661	136
9	Верх-Исетский	31 119	9973	320
10	Верхотурский	194 679	32 734	168
11	Гаринский	944 588	111 307	118
12	Егоршинский	94 192	15 580	165
13	Ивдельский	810 422	115 471	142
14	Ирбитский	114 376	14 559	127
15	Исовский	126 059	21 410	170
16	Каменск-Уральский	32 810	6581	201
17	Камышловский	31 642	5677	179
18	Карпинский	568 184	98 192	173
21	Кировградский	61 810	10 441	169
19	Красноуральский	104 182	15 266	147
20	Красноуфимский	151 987	28 101	185
22	Кушвинский	202 043	24 097	119
23	Невьянский	100 839	16 585	164
24	Нижне-Сергинский	170 375	29 357	172
25	Нижне-Тагильский	420 312	69 046	164
26	Ново-Лялинский	565 257	99 928	177
26а	Новоуральский	19 944	3848	193
46	Оусский	718 440	89 769	125
27	Полевской	112 277	23 964	213
28	Пышминский	71 216	10 827	152
29	Ревдинский	74 245	15 872	214
30	Режевской	88 325	17 146	194
31	Салдинский	135 579	19 529	144
32	Свердловский	44 871	12 075	269
33	Североуральский	232 155	29 892	129
34	Серовский	335 666	55 523	165
34а	Синячихинский	413 356	47 582	115
35	Слободо-Туринский	43 995	7054	160
36	Сотринский	592 861	64 267	108
37	Сухоложский	86 791	19 713	227
38	Сысертский	103 245	31 412	304
40	Таборинский	594 945	78 154	131
39	Тавдинский	319 749	49 832	156
41	Талицкий	126 873	22 277	176
42	Тугулымский	139 466	24 160	173
43	Туринский	270 802	32 810	121
44	Уралмашевский	57 435	14 038	244
47	Шалинский	174 714	25 180	144
45	Шамарский	180 372	18 769	104
	Итого по области	10 553 374	1 587 025	150

Электронный архив УГЛТУ

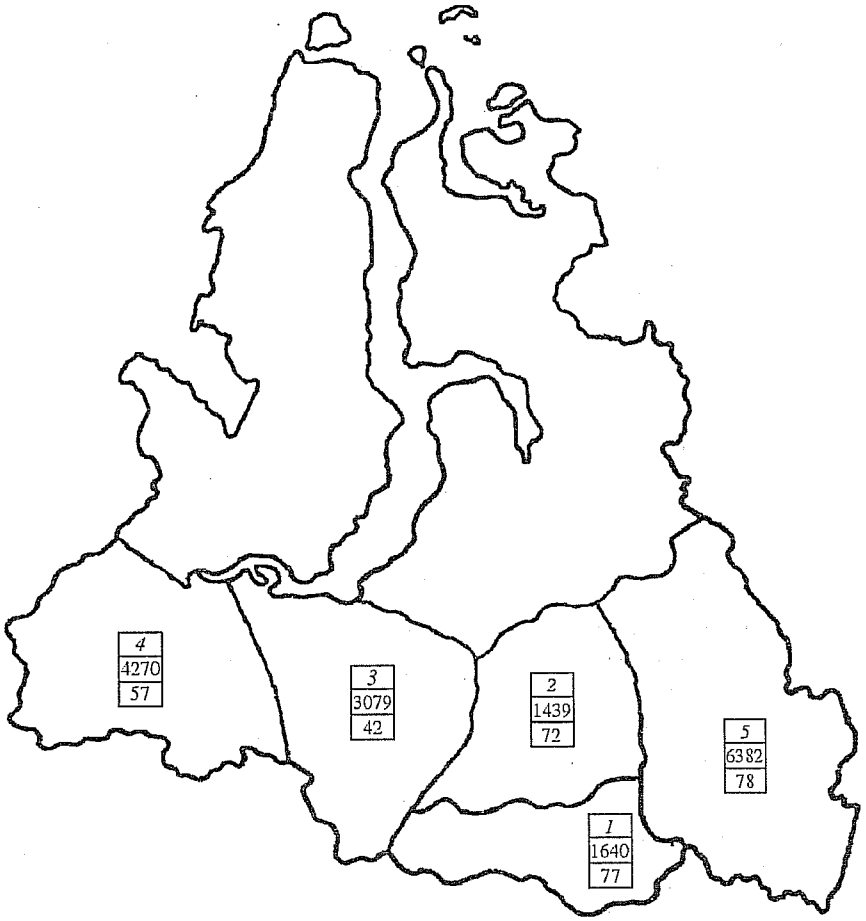


Рис. 4.31. Распределение лесопокрытой площади и запасов стволовой древесины, отнесенных на 1 га, на территории Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области.
Здесь и на других рисунках в колонке цифр сверху вниз: номер лесхоза согласно спецификации, общая лесопокрытая площадь (тыс. га), запас стволовой древесины (м³/га); *1–5* – лесхозы: *1* – Ноябрьский, *2* – Тарко-Салинский, *3* – Надымский, *4* – Ямальский, *5* – Красноселькупский

сы фитомассы на всей площади. После сложения результатов по классам возраста получаем итоговые запасы фитомассы по каждой фракции отдельно для каждой породы, а путем сложения последних по фракциям и породам – итоговые запасы фитомассы на всей покрытой лесом площади лесхоза. Для Алапаевского лесхоза – это 36,3 млн т общей (надземной + подземной) фитомассы (табл. 4.25). Причем этот показатель фитомассы взвешен по классам возраста, запасам стволовой древесины и долевому участию каждой породы.

Затем путем деления запасов фитомассы на лесопокрытую и общую (в границах лесхозов) площади получаем распределение по лесхозам запасов фитомассы на 1 га. Расчет для Свердловской области приведен в табл. 4.26, а для остальных административных образований – в Приложении 21.

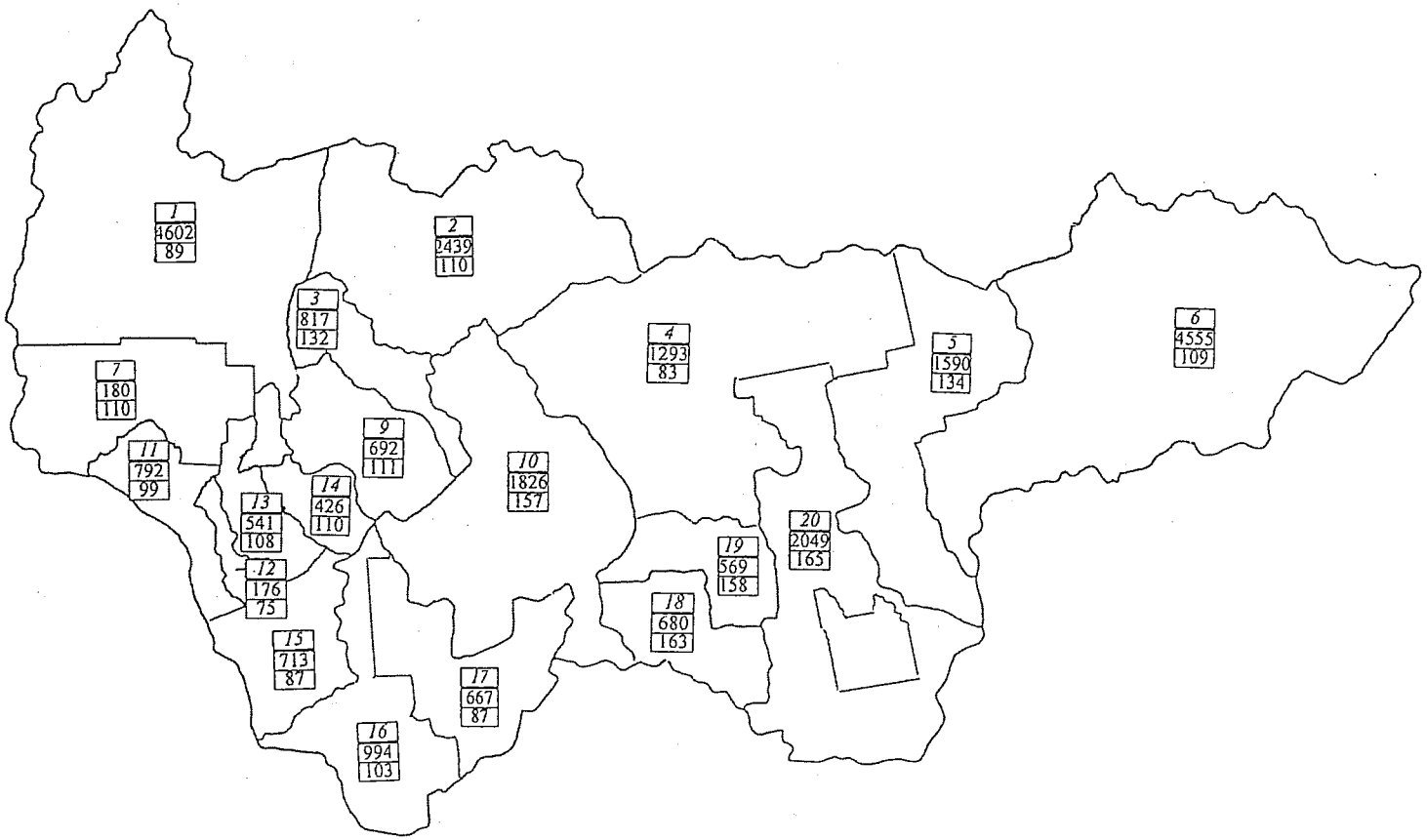


Рис. 4.32. Распределение лесопокрытой площади и запасов стволовой древесины, отнесенных на 1 га, на территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области.

1–21 – лесхозы: *1* – Березовский, *2* – Белоярский, *3* – Октябрьский, *4* – Сургутский, *5* – Мегионский, *6* – Нижневартовский, *7* – Торский, *9* – Красноленинский, *10* – Ханты-Мансийский, *11* – Пионерский, *12* – Комсомольский, *13* – Советский, *14* – Самзасский, *15* – Урайский, *16* – Междуреченский, *17* – Кондинский, *18* – Салымский, *19* – Нефтеюганский, *20* – Юганский, *21* – Заповедник «Юганский»

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

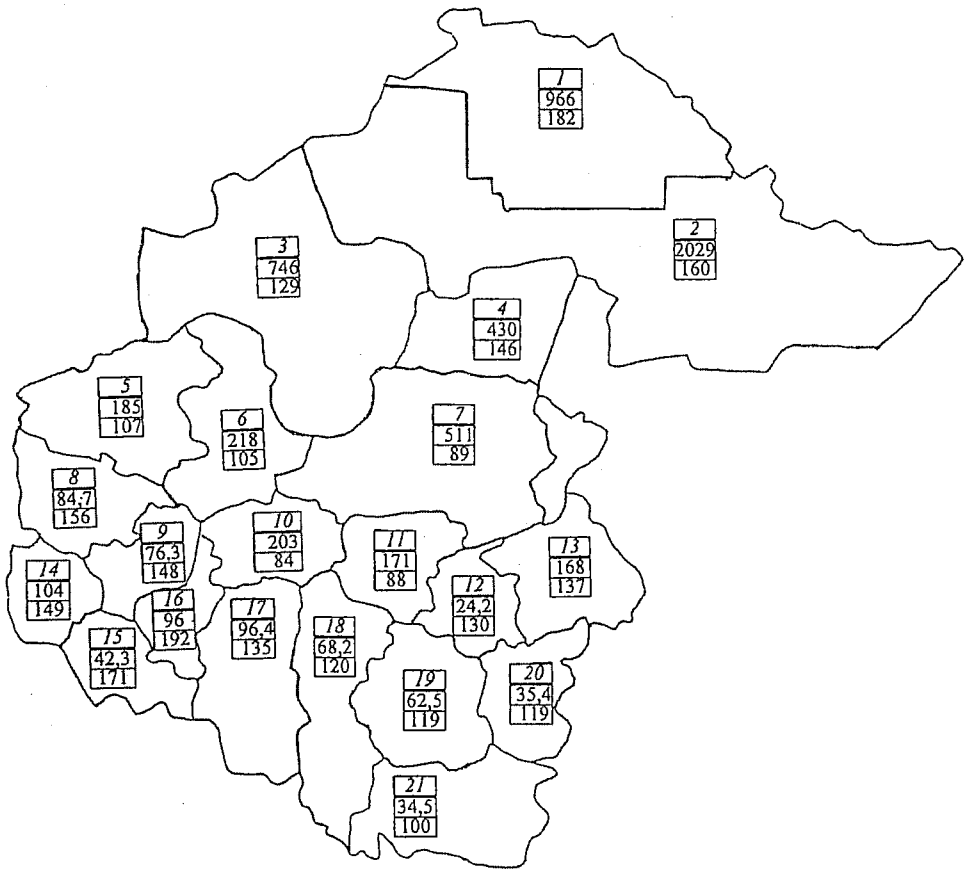


Рис. 4.33. Распределение лесопокрытой площади и запасов стволовой древесины, отнесенных на 1 га, на территории Тюменской области.
1–21 – лесхозы: *1* – Демьянский, *2* – Уватский, *3* – Тобольский, *4* – Дубровинский, *5* – Нижне-Тавдинский, *6* – Ярковский, *7* – Вагайский, *8* – Тюменский, *9* – Ялуторовский, *10* – Юргинский, *11* – Аромашевский, *12* – Сорокинский, *13* – Викуловский, *14* – Исетский, *15* – Упоровский, *16* – Заводоуковский, *17* – Омутинский, *18* – Голышмановский, *19* – Ишимский, *20* – Абатский, *21* – Казанский

Итоговые результаты о запасах фитомассы пересчитаны по переводным коэффициентам *фитомасса : углерод* (0,5 – для древесной части и 0,45 – для листвы и нижних ярусов) и даны в виде карт-схем (рис. 4.37–4.41), наглядно представляющих территориальное распределение запасов лесного углерода в пределах каждого административного образования. Разная степень концентрации углерода на единице общей площади по лесхозам в пределах одного административного образования обусловлена, во-первых, разной степенью концентрации запасов стволовой древесины на 1 га, доля которой в запасах углерода в насаждении составляет 70–80 %, и, во-вторых, разными долями лесной и лесопокрытой площадей в общей площади: чем она меньше, тем при прочих равных условиях меньше запасы органического углерода, поскольку углерододепонирующая способность нелесных и непокрытых лесом площадей составляет лишь около 10 % к лесопокрытой (Исаев и др., 1993).

Электронный архив УГЛТУ

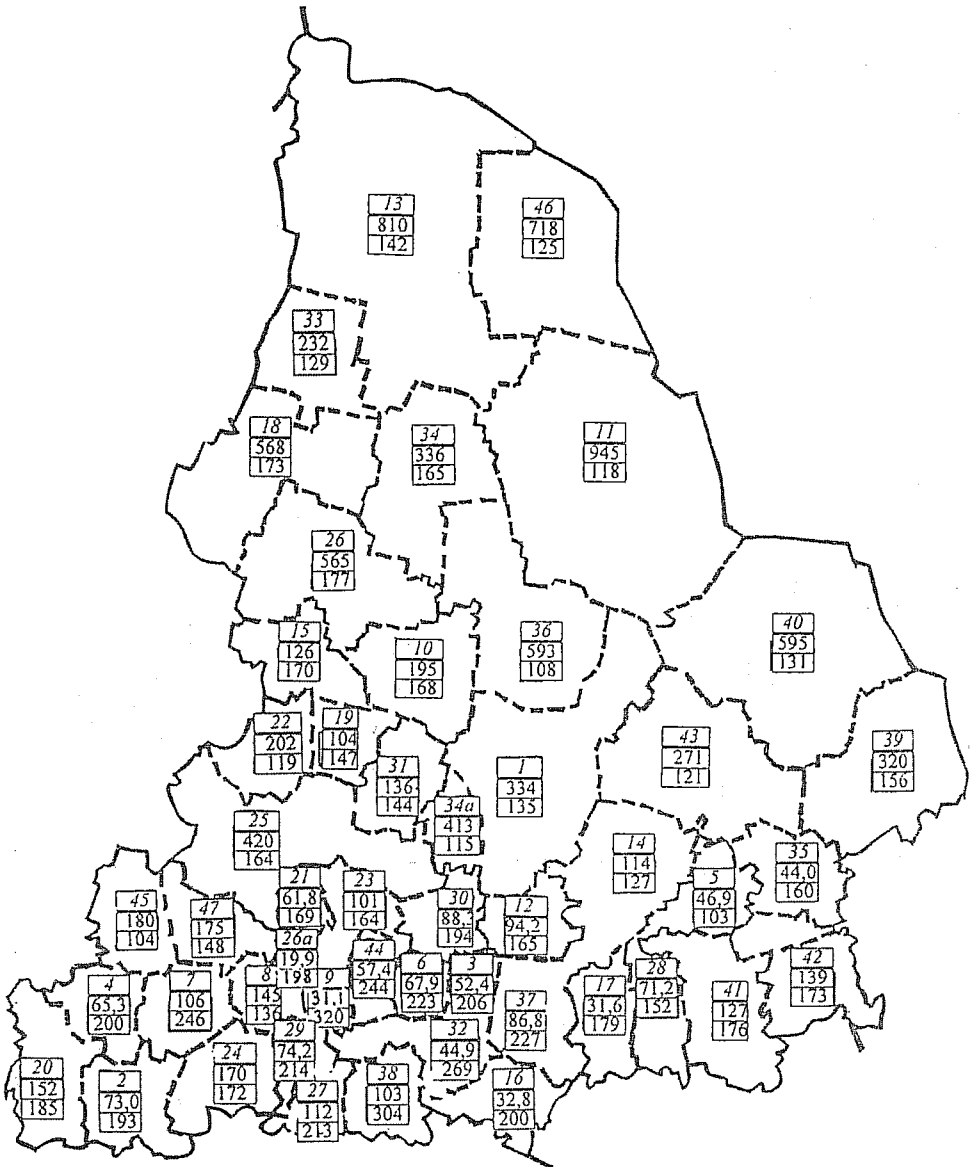


Рис. 4.34. Распределение лесопокрытой площади и запасов стволовой древесины, отнесенных на 1 га, на территории Свердловской области.

1–47 – лесхозы: *1* – Алапаевский, *2* – Артинский, *3* – Асбестовский, *4* – Ачинский, *5* – Байкаловский, *6* – Березовский, *7* – Бисертский, *8* – Билимбаевский, *9* – Верх-Исетский, *10* – Верхотурский, *11* – Гаринский, *12* – Егоршинский, *13* – Ивдельский, *14* – Ирбитский, *15* – Исовский, *16* – Каменск-Уральский, *17* – Камышловский, *18* – Карпинский, *19* – Красноуральский, *20* – Красноуфимский, *21* – Кировоградский, *22* – Кушвинский, *23* – Невьянский, *24* – Нижне-Сергинский, *25* – Нижне-Тагильский, *26* – Новолялинский, *26а* – Новоуральский, *27* – Полевской, *28* – Пышминский, *29* – Ревдинский, *30* – Режевской, *31* – Салдинский, *32* – Свердловский, *33* – Североуральский, *34* – Серовский, *34а* – Синячихинский, *35* – Слободо-Туринский, *36* – Сотринский, *37* – Сухоложский, *38* – Сысертский, *39* – Тавдинский, *40* – Таборинский, *41* – Талицкий, *42* – Тугулымский, *43* – Туринский, *44* – Уралмашевский, *45* – Шамарский, *46* – Оусский, *47* – Шалинский

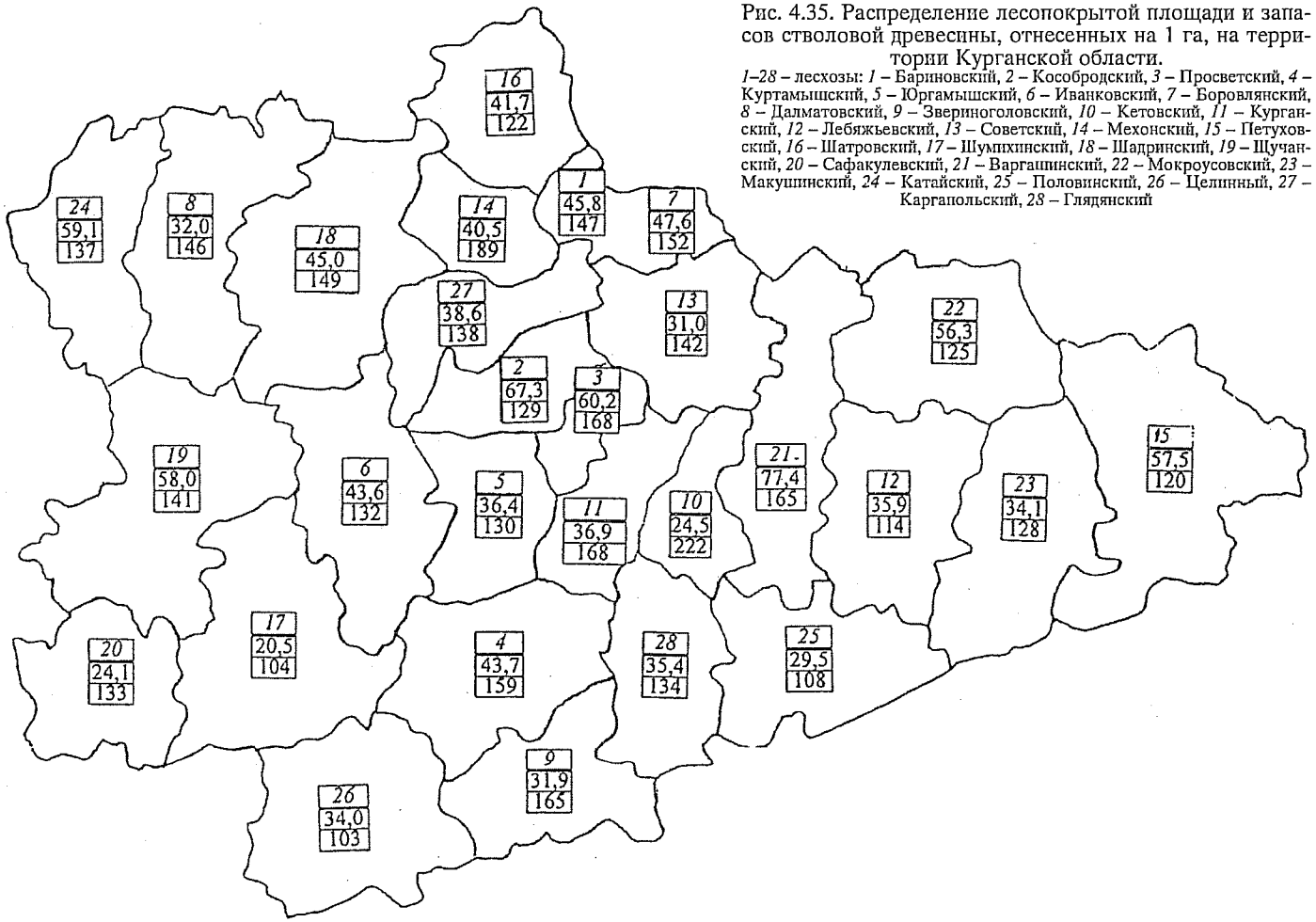


Рис. 4.35. Распределение лесопокрытой площади и запасов стволовой древесины, отнесенных на 1 га, на территории Курганской области.

1–28 – лесхозы: *1* – Бариновский, *2* – Кособродский, *3* – Просветский, *4* – Куртамышский, *5* – Юргамышский, *6* – Иванковский, *7* – Боровлянский, *8* – Далматовский, *9* – Звериноголовский, *10* – Кетовский, *11* – Курганский, *12* – Лебяжьевский, *13* – Советский, *14* – Мехонский, *15* – Петуховский, *16* – Шатровский, *17* – Шумихинский, *18* – Шадринский, *19* – Щучанский, *20* – Сафакулевский, *21* – Варгашинский, *22* – Мокроусовский, *23* – Макушинский, *24* – Катайский, *25* – Половинский, *26* – Целинный, *27* – Каргапольский, *28* – Глядянский

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

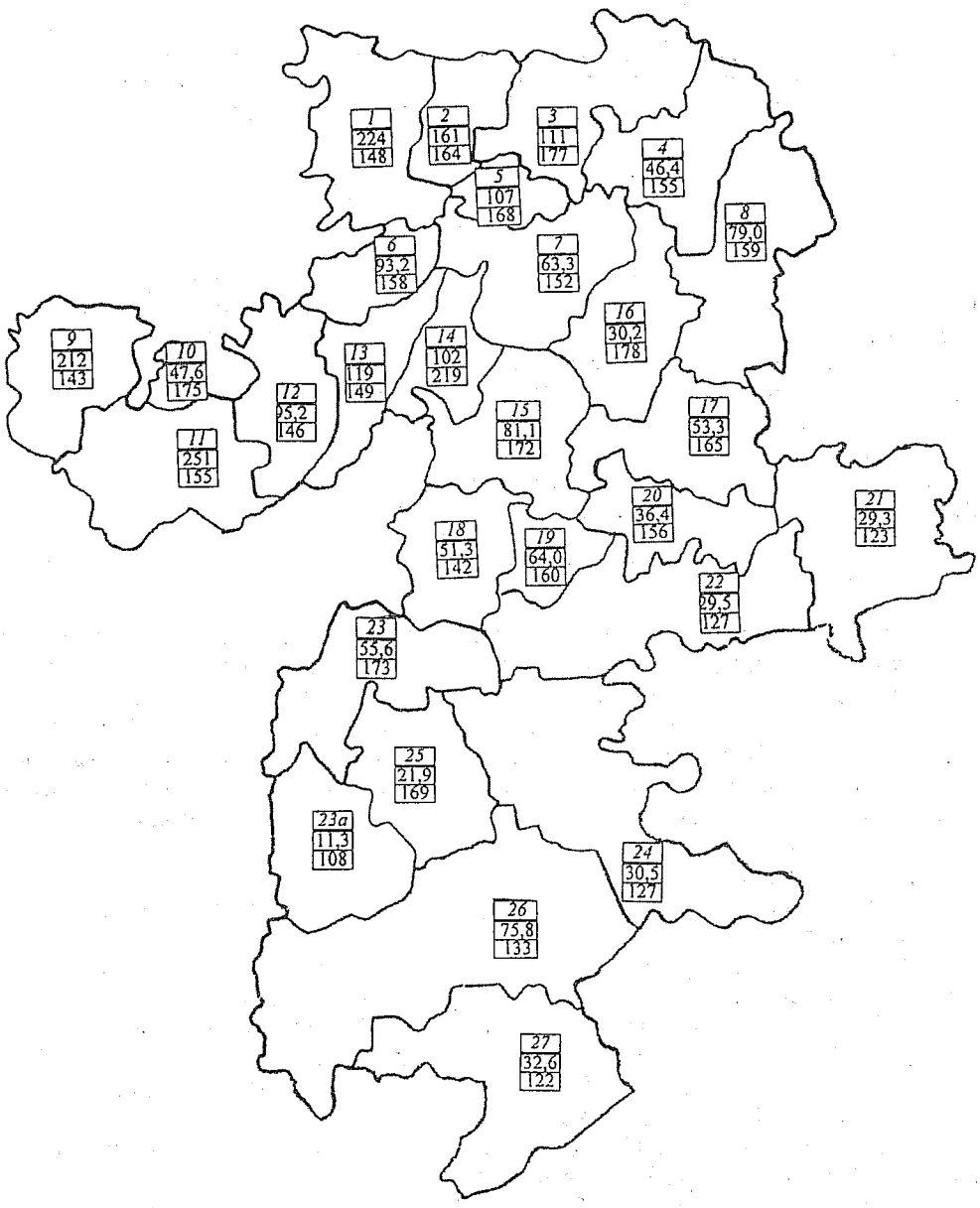


Рис. 4.36. Распределение лесопокрытой площади и запасов стволовой древесины, отнесенных на 1 га, на территории Челябинской области.

1–27 – лесхозы: *1* – Нязепетровский, *2* – Уфалейский, *3* – Каслинский, *4* – Кунашакский, *5* – Кыштымский, *6* – Кусинский, *7* – Аргаяшский, *8* – Красноармейский, *9* – Ашинский, *10* – Усть-Катавский, *11* – Катав-Ивановский, *12* – Саткинский, *13* – Златоустовский, *14* – Миасский, *15* – Чебаркульский, *16* – Челябинский, *17* – Еткульский, *18* – Уйский, *19* – Пластовский, *20* – Увельский, *21* – Октябрьский, *22* – Троицкий, *23* – Верхнеуральский, *23а* – Магнитогорский, *24* – Чесменский, *25* – Першинский, *26* – Анненский, *27* – Брединский

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.24

Данные Государственного учета лесного фонда по Алапаевскому лесхозу (над чертой – покрытая лесом площадь, га, под чертой – средний запас стволовой древесины в совокупности выделов данной группы возраста, м³/га)

Порода	Группа возраста*					Итого
	1	2	3	4	5	
Сосна	10 969/21,6	14 661/119,3	30 987/246,1	17 533/294,0	26 060/181,9	100 210/194,6
Ель	6631/10,1	5019/68,0	7366/173,6	4777/247,4	11 089/207,9	34 882/148,3
Пихта	342/10,2	564/73,8	744/151,9	294/266,3	244/254,5	2188/136,4
Лиственница	0/0	0/0	3/233,3	3/266,7	27/288,9	33/281,8
Кедр	104/33,7	162/150,6	4140/208,2	2283/197,1	1266/178,4	7955/196,8
Береза	17 598/13,1	19 916/37,7	78 590/114,8	8528/169,2	14 526/184,0	139 158/101,4
Осина	11 648/13,2	6991/49,6	21 034/106,0	5879/150,8	3935/206,5	49 487/89,5
Ольха серая	77/15,6	64/32,8	253/51,0	32/62,5	100/93,0	526/52,3
Липа	0/0	3/33,3	8/112,5	0/0	0/0	11/90,9
Всего	47 369/14,7	47 380/68,7	143 125/147,7	39 329/233,8	57 247/189,3	334 450/135

* 1 – молодняки I класса возраста, 2 – молодняки II класса возраста, 3 – средневозрастные, 4 – приспевающие, 5 – спелые и перестойные насаждения.

Поскольку в расчет приняты лишь лесоустроительные базы данных о запасах стволовой древесины и лесопокрытых площадях в полученных результатах не учтена величина углерододепонирующей емкости нелесных и не покрытых лесом площадей, т. е. запасы углерода на 1 га общей площади представляют собой запасы на 1 га лесопокрытой площади, экстраполированные на общую площадь. Не учтены в настоящей работе запасы углерода в почвах, а также огромные запасы его в торфе болот, так как эти категории не входят в объем понятия *фитомасса*: это – детриты, входящие в расходную часть углеродного баланса.

Средние запасы углерода в фитомассе насаждений на 1 га общей площади составляют:

- Ямало-Ненецкий автономный округ – 8,0 т/га с колебаниями от 6,0 (Надымский лесхоз) до 10,0 т/га (Красноселькупский лесхоз);
- Ханты-Мансийский автономный округ – 23,0 т/га с колебаниями от 7,0 (Сургутский лесхоз) до 45,0 т/га (Октябрьский лесхоз);
- Тюменская область – 33,5 т/га с колебаниями от 19,0 (Вагайский лесхоз) до 63,0 т/га (Исетский лесхоз);
- Свердловская область – 46,5 т/га с колебаниями от 27,5 (Ивдельский лесхоз) до 109 т/га (Верх-Исетский лесхоз);
- Курганская область – 42,0 т/га с колебаниями от 30,0 (Шумихинский лесхоз) до 58,0 т/га (Петуховский лесхоз);
- Челябинская область – 50,5 т/га с колебаниями от 23,5 (Брединский лесхоз) до 68,0 (Миасский лесхоз).

Результаты оценок запаса углерода в насаждениях, выполненных путем совмещения данных о фитомассе на пробных площадях с материалами ГУЛФ, отнесенные *на 1 га лесопокрытой площади* в пределах административных областей УрФО (табл. 4.27), оказались довольно близкими к аналогичным показателям, полученным В.А. Алексеевым и Р.А. Бердси (1994), а

Таблица 4.25

Расчет запасов фитомассы (тыс. т) лесообразующих пород на покрытой лесом площади Алапаевского лесхоза по известным запасам стволовой древесины и возрастным группам

Порода*	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии																	
	Стволы						Хвоя						Ветви					
	1**	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего
С	120,4	1009,8	4539,5	3106,5	2831,9	11 608	92,27	83,10	209,90	106,28	102,14	593,69	33,27	97,87	352,93	231,10	243,26	958,44
Е	33,12	155,9	563,4	513,4	1008,5	2274	40,19	36,68	84,62	57,15	105,08	323,72	24,87	29,02	79,80	69,20	164,86	367,76
П	2,68	16,82	39,07	25,30	20,92	104,80	15,29	5,97	6,50	2,68	2,14	32,57	16,11	6,09	7,36	3,74	3,89	37,19
Лц	–	–	0,35	0,41	4,11	4,88	–	–	0,01	0,01	0,09	0,12	–	–	0,05	0,05	0,46	0,56
К	1,36	10,17	364,92	189,97	94,94	661,36	1,68	2,71	48,58	17,36	6,74	77,07	0,61	3,30	90,17	37,13	14,47	145,69
Б	113,27	373,59	4566,6	735,12	1363,5	7152,1	47,80	38,13	246,92	28,60	46,87	408,33	29,40	73,12	801,26	124,39	229,68	1257,85
Ос	69,35	159,87	1051,49	431,13	397,66	2109,5	27,57	11,92	36,45	9,68	7,57	93,19	34,42	33,11	172,34	68,71	66,50	375,08
Ол	0,53	0,98	6,22	1,00	4,60	13,33	0,09	0,04	0,18	0,04	0,21	0,55	0,10	0,09	0,52	0,09	0,51	1,31
Лп	–	0,04	0,38	–	–	0,42	–	0,01	0,02	–	–	0,02	–	0,01	0,06	–	–	0,07
Итого	340,7	1727,2	11 131,9	5002,8	5726,1	23 929	224,9	178,6	633,2	221,8	270,9	1529,3	138,8	242,6	1504,5	534,4	723,6	3143,9

Порода	Корни						Нижние ярусы						$P^{***}_{АВО}$	$P^{***}_{ТОТ}$	$P_{АВО}$	$P_{ТОТ}$
	1	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего			т/га	
С	46,49	236,66	881,45	573,17	585,29	2323,05	6,366	12,589	32,906	31,508	97,144	180,512	13 340,69	15 663,74	133,13	156,31
Е	146,55	146,01	245,36	167,47	379,11	1084,50	144,85	37,719	32,718	17,397	44,519	277,206	3242,96	4327,46	92,97	124,06
П	0,21	2,88	8,26	5,97	4,72	22,03	0,126	0,523	1,036	0,635	0,725	3,044	177,60	199,63	81,17	91,24
Лц	–	–	0,08	0,11	1,22	1,41	–	–	0,002	0,003	0,035	0,041	5,59	7,01	169,48	212,35
К	0,46	2,80	95,96	50,34	25,51	175,08	0,255	0,401	12,618	8,923	6,319	28,517	912,63	1087,71	114,72	136,73
Б	87,30	196,68	1606,90	224,76	404,43	2520,06	40,227	43,933	145,21	16,050	28,719	274,139	9092,39	11612,45	65,34	83,45
Ос	32,00	62,48	370,96	142,00	125,89	733,32	18,018	9,963	28,594	7,819	5,133	69,528	2647,30	3380,62	53,49	68,31
Ол	0,26	0,56	2,15	0,19	0,49	3,65	0,034	0,087	0,693	0,144	0,611	1,569	16,75	20,41	31,85	38,80
Лп	–	0,08	0,27	–	–	0,34	–	0,002	0,008	–	–	0,010	0,52	0,86	47,25	78,57
Итого	313,27	648,14	3211,38	1164,01	1526,66	6863,5	209,88	105,22	253,79	82,48	183,21	834,57	29 436,44	36 299,89	88,01	108,54

* С – сосна, Е – ель, П – пихта, Лц – лиственница, К – кедр, Б – береза, Ос – осина, Ол – ольха серая, Лп – липа.

** 1 – молодняки I класса возраста, 2 – молодняки II класса возраста, 3 – средневозрастные, 4 – приспевающие, 5 – спелые и перестойные насаждения.

*** $P_{АВО}$ – надземная и $P_{ТОТ}$ – общая (надземная + подземная) фитомасса, тыс. т.

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.26

Распределение общих и в расчете на 1 га запасов фитомассы по лесхозам Свердловской области

№ лесхоза (см. табл. 4.23)	Общие запасы фитомассы, тыс. т						В расчете на			
							лесопокрытую площадь, т/га		общую площадь, т/га	
	P_S	P_F	P_B	P_U	P_R	Итого	$P_{АВО}$	$P_{тот}$	$P_{АВО}$	$P_{тот}$
1	23 929	1529	3144	835	6863	36 300	88	109	80	99
2	6880	586	1030	448	2102	11 046	122	151	112	139
3	6227	326	603	79	1336	8571	138	164	118	140
4	6295	596	960	455	1947	10 253	127	157	119	147
5	2567	165	355	105	742	3934	68	84	62	77
6	8650	441	895	127	1915	12 028	149	177	129	154
7	13 506	945	1857	238	3387	19 934	156	187	140	169
8	9358	1053	1651	525	3616	16 203	87	112	80	103
9	5752	250	557	45	1132	7735	212	249	186	218
10	16 741	1117	2486	431	4671	25 447	107	131	100	123
11	57 056	4247	8405	2735	17 156	89 600	77	95	49	61
12	8856	476	924	159	2061	12 476	111	132	100	119
13	51 912	4563	9195	3007	18 722	87 399	85	108	43	55
14	7704	498	1040	268	2214	11 724	83	103	77	94
15	11 039	788	1580	416	3257	17 082	110	136	102	126
16	3655	189	433	46	878	5201	132	159	114	137
17	3655	189	433	46	878	5201	115	141	85	104
18	48 249	4141	6989	2125	15 118	76 620	108	135	99	123
19	7752	528	1146	375	2403	12 204	94	117	83	103
20	13 498	1300	2214	489	4281	21 781	115	143	106	132
21	5484	405	767	175	1626	8457	111	137	98	121
22	11 844	1282	1958	926	4554	20 563	79	102	73	94
23	9366	570	988	235	2273	13 432	111	133	94	113
24	14 149	1586	2422	528	4494	23 179	110	136	96	119
25	35 282	2921	5096	1500	11 209	56 007	107	133	96	120
26	51 953	3676	7074	1502	14 449	78 654	114	139	105	129
26а	2155	160	261	53	541	3169	132	159	117	141
27	13 159	827	1561	249	3149	18 945	141	169	126	151
28	5845	301	785	125	1579	8636	99	121	83	101
29	8397	603	1113	170	2118	12 401	139	167	120	145
30	9925	546	946	157	2137	13 711	131	155	114	135
31	10 093	686	1414	406	3152	15 751	93	116	76	95
32	7005	333	664	74	1414	9489	180	211	155	182
33	15 807	1329	2043	651	4563	24 393	85	105	74	91
34	29 443	1922	3837	799	7754	43 756	107	130	87	105
34а	24 863	1734	3443	1128	7535	38 702	75	94	65	80
35	3778	215	493	83	976	5544	104	126	91	111
36	34 286	2490	4479	1349	9929	52 532	72	89	58	71
37	11 027	529	1260	132	2508	15 456	149	178	132	157
38	18 202	807	1759	165	3577	24 509	203	237	177	207
39	26 118	1398	3681	673	7375	39 245	100	123	62	76
40	39 561	2791	5891	1802	12 104	62 149	84	104	51	63
41	11 991	609	1617	231	3126	17 573	114	139	97	118
42	13 469	777	1517	221	3229	19 213	115	138	100	120
43	17 026	1005	2470	752	5204	26 457	78	98	68	85
44	8035	384	811	102	1685	11 017	162	192	133	157
45	8748	1269	1578	1160	4348	17 103	71	95	66	88
46	45 473	3729	6227	2288	13 198	70 915	80	99	64	79
47	12 284	1238	2009	729	4379	20 638	104	132	86	109
Итого по области	817 420	59 997	114 050	31 326	238 793	1 261 586	97	120	75	93

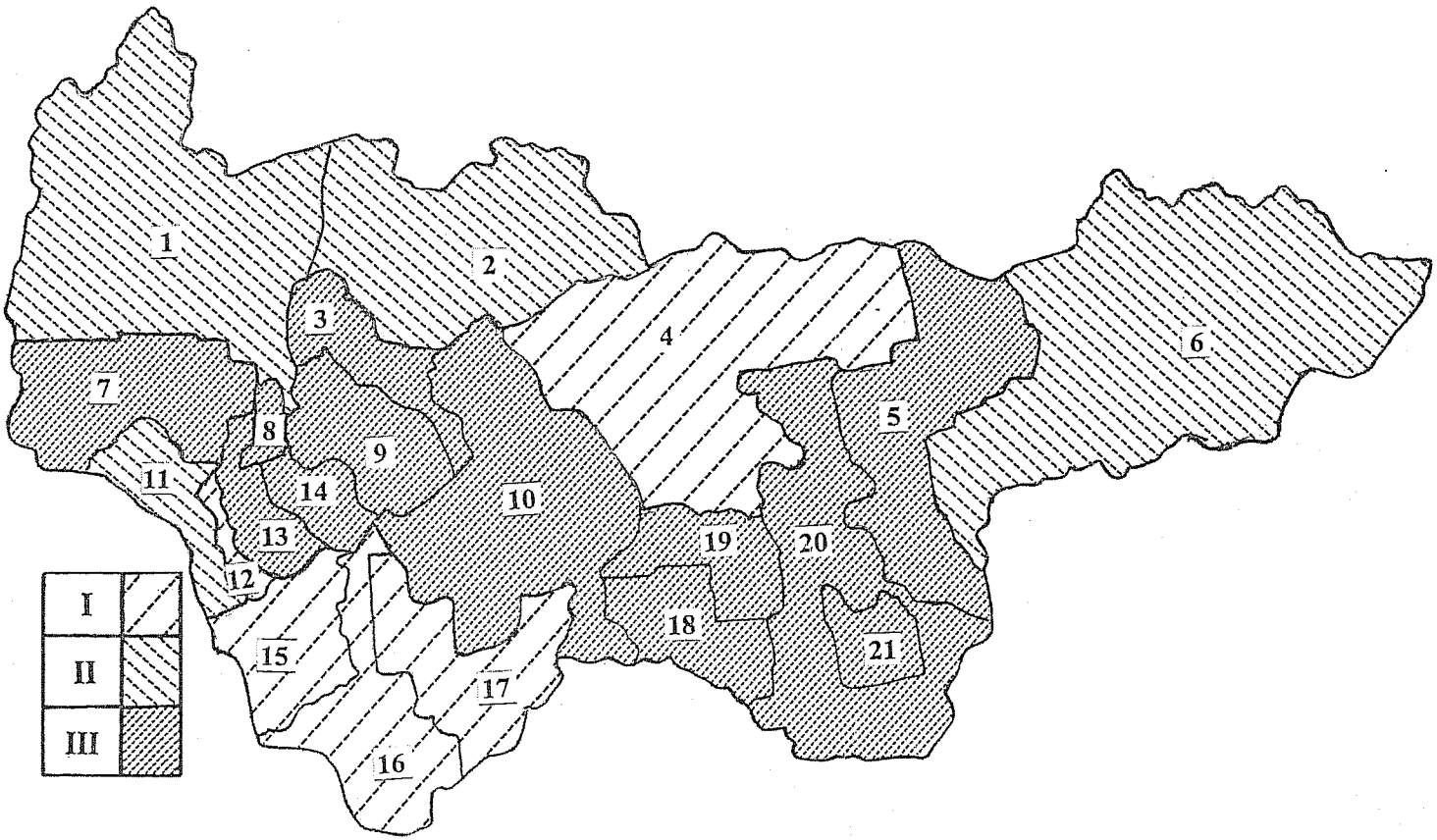


Рис. 4.37. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений Ханты-Мансийского автономного округа на 1 га общей площади.
Диапазоны запасов углерода, т/га: I – < 15, II – 15–20, III – > 20; *1–21* – лесхозы: *1* – Березовский, *2* – Белоярский, *3* – Октябрьский, *4* – Сургутский, *5* – Мегионский, *6* – Нижневартовский, *7* – Торский, *9* – Красноленинский, *10* – Ханты-Мансийский, *11* – Пионерский, *12* – Комсомольский, *13* – Советский, *14* – Самзасский, *15* – Урайский, *16* – Междуреченский, *17* – Кондинский, *18* – Салымский, *19* – Нефтеюганский, *20* – Юганский, *21* – Заповедник «Юганский»

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

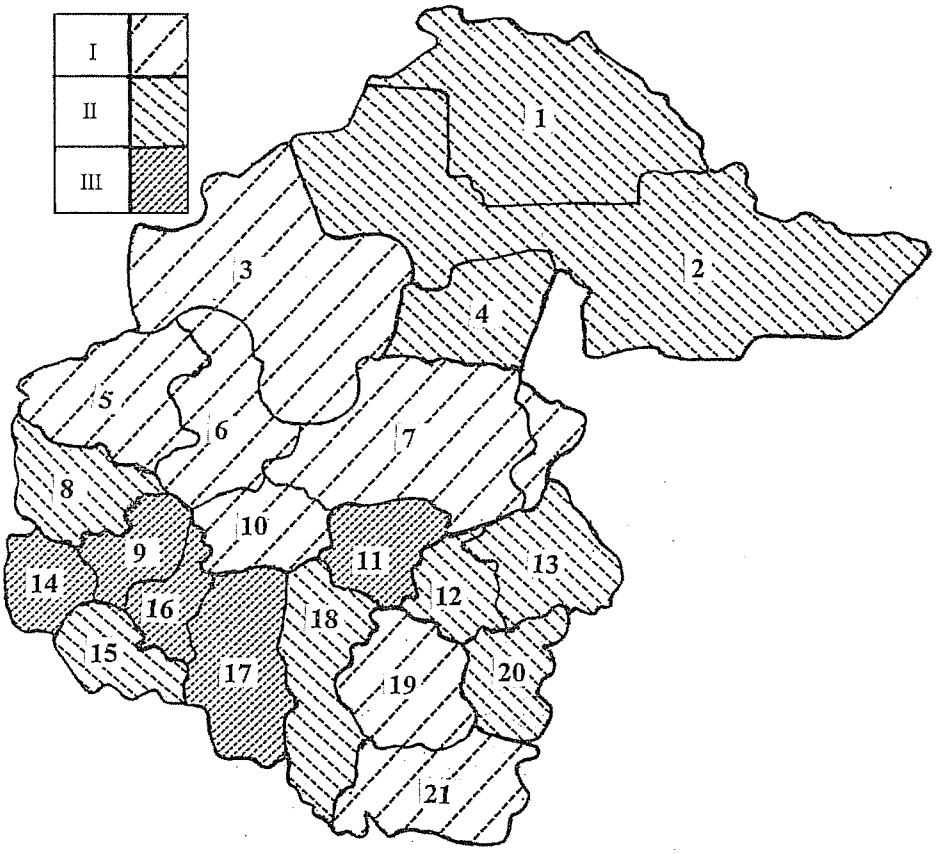


Рис. 4.38. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений Тюменской области на 1 га общей площади.

Диапазоны запасов углерода, т/га: I – < 25, II – 25–35, III – >35; *1–21* – лесхозы: *1* – Демьянский, *2* – Уватский, *3* – Тобольский, *4* – Дубровинский, *5* – Нижне-Тавдинский, *6* – Ярковский, *7* – Вагайский, *8* – Тюменский, *9* – Ялуторовский, *10* – Юргинский, *11* – Аромашевский, *12* – Сорокинский, *13* – Викуловский, 14 – Исетский, *15* – Упоровский, *16* – Заводоуковский, *17* – Омутинский, *18* – Голышмановский, *19* – Ишимский, *20* – Абатский, *21* – Казанский

также А.С. Исаевым и Г.Н. Коровиным (1997). Однако наши результаты дают более детальную информацию, поскольку получены на уровне лесхозов, а не областей.

Полученные для УрФО показатели запасов углерода в фитомассе насаждений на 1 га общей площади несопоставимо выше аналогичных показателей европейских стран, что подтверждают, в частности, данные по Англии (рис. 4.42): даже районы с наибольшей плотностью органического углерода на 1 га находятся примерно на уровне Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов. Средняя же плотность органического углерода на территории Англии почти в 10 раз ниже, чем на территории Свердловской и Челябинской областей. Это обеспечивает Уральскому федеральному округу и в целом стране существенные экологические и экономические выгоды в ходе межрегиональных и межгосударственных расчетов при выполнении обязательств российских реги-

Электронный архив УГЛТУ

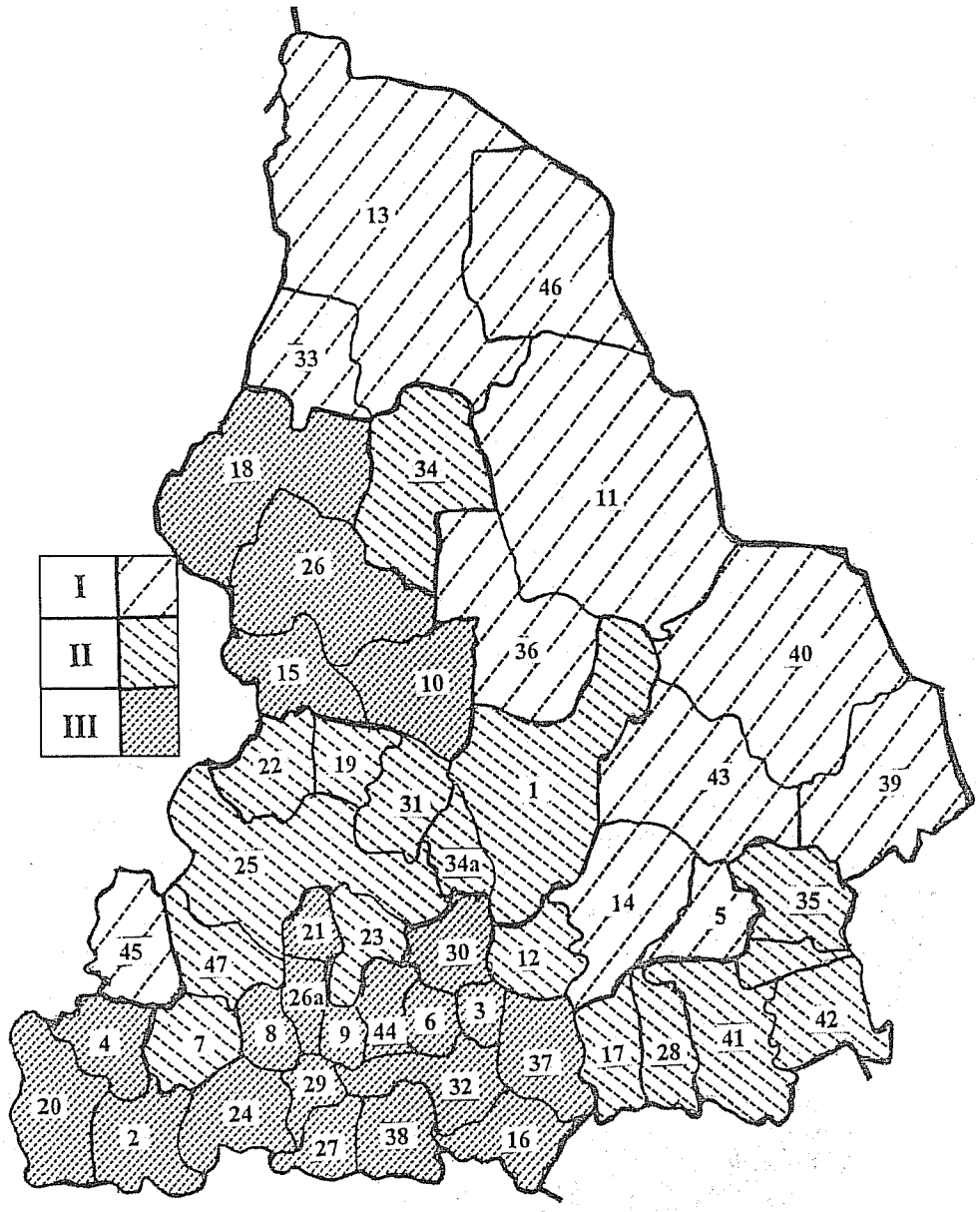
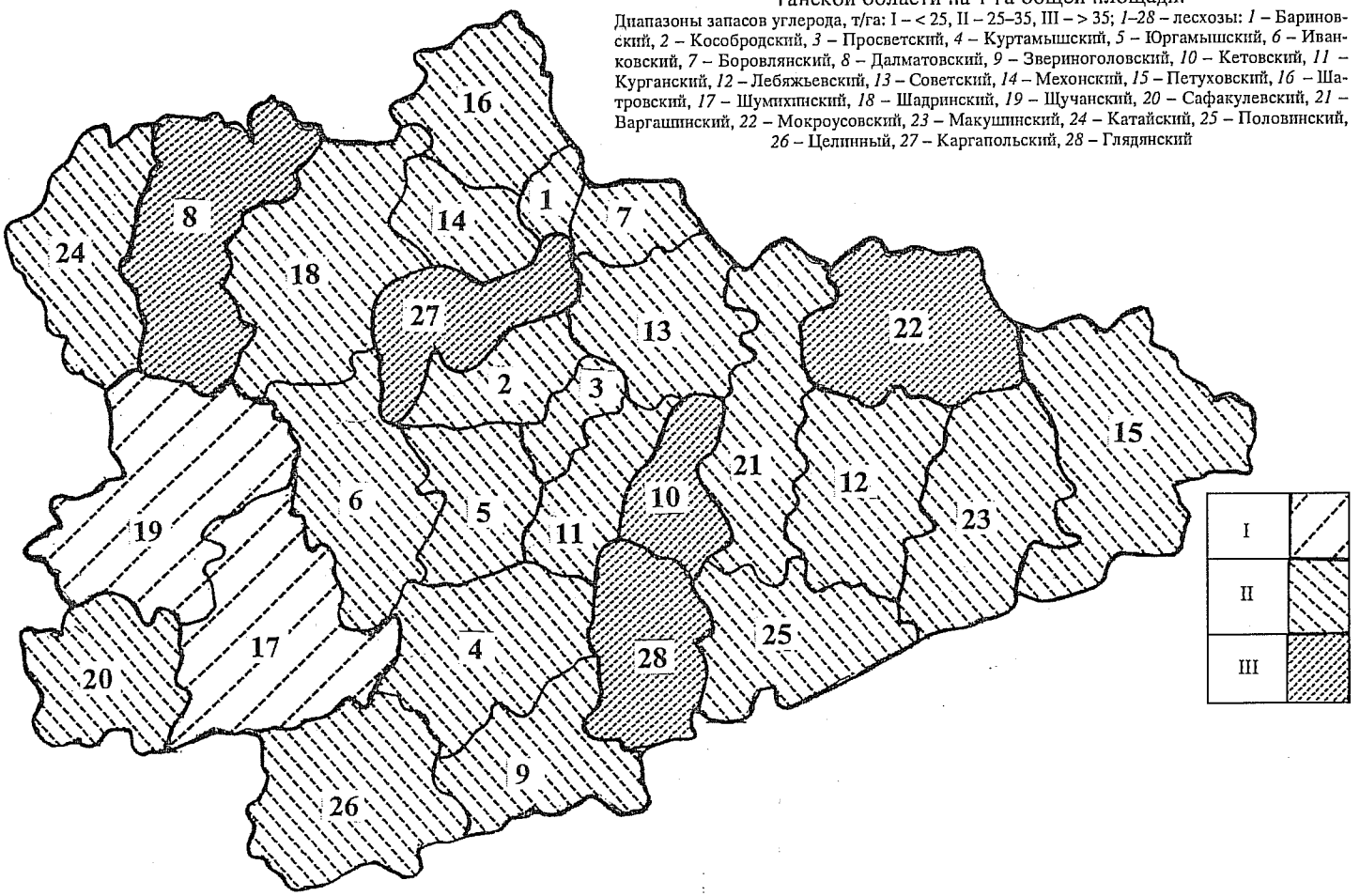


Рис. 4.39. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений Свердловской области на 1 га общей площади.

Диапазоны запасов углерода, т/га: I – < 50, II – 50–60, III – > 60; *1–47* – лесхозы: *1* – Алапаевский, *2* – Артинский, *3* – Асбестовский, *4* – Ачинский, *5* – Байкаловский, *6* – Березовский, *7* – Бисертский, *8* – Билимбаевский, *9* – Верх-Исетский, *10* – Верхотурский, *11* – Гаринский, *12* – Егоршинский, *13* – Ивдельский, *14* – Ирбитский, *15* – Исовский, *16* – Каменск-Уральский, *17* – Камышловский, *18* – Карпинский, *19* – Красноуральский, *20* – Красноуфимский, *21* – Кировоградский, *22* – Кушвинский, *23* – Невьянский, *24* – Нижне-Сергинский, *25* – Нижне-Тагильский, *26* – Новолялинский, *26а* – Новоуральский, *27* – Полевской, *28* – Пышминский, *29* – Ревдинский, *30* – Режевской, *31* – Салдинский, *32* – Свердловский, *33* – Североуральский, *34* – Серовский, *34а* – Синячихинский, *35* – Слободо-Туринский, *36* – Сотринский, *37* – Сухоложский, *38* – Сысертский, *39* – Тавдинский, *40* – Таборинский, *41* – Талицкий, *42* – Тугулымский, *43* – Туринский, *44* – Уралмашевский, *45* – Шамарский, *46* – Оусский, *47* – Шалинский

Рис. 4.40. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений Курганской области на 1 га общей площади.

Диапазоны запасов углерода, т/га: I – < 25, II – 25–35, III – > 35; *1–28* – лесхозы: *1* – Баринов-ский, *2* – Кособродский, *3* – Просветский, *4* – Куртамышский, *5* – Юргамышский, *6* – Иванковский, *7* – Боровлянский, *8* – Далматовский, *9* – Звериноголовский, *10* – Кетовский, *11* – Курганский, *12* – Лебяжьевский, *13* – Советский, *14* – Мехонский, *15* – Петуховский, *16* – Шатровский, *17* – Шумихинский, *18* – Шадринский, *19* – Щучанский, *20* – Сафакулевский, *21* – Варгашинский, *22* – Мокроусовский, *23* – Макушинский, *24* – Катайский, *25* – Половинский, *26* – Целинный, *27* – Каргапольский, *28* – Глядянский



Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

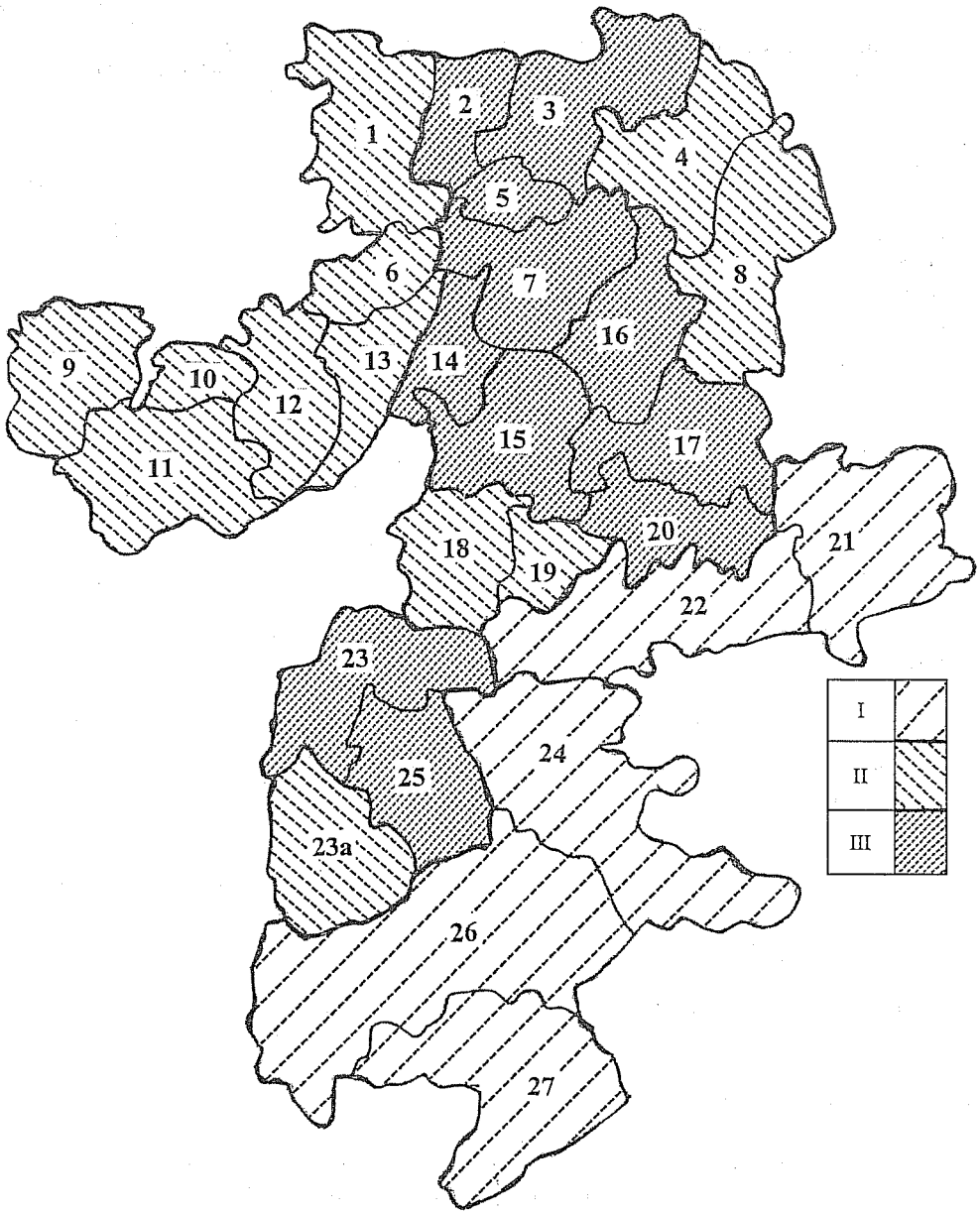


Рис. 4.41. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений Челябинской области на 1 га общей площади.

Диапазоны запасов углерода, т/га: I – < 35, II – 35–45, III – > 45; *1–25* – лесхозы: *1* – Нязепетровский, *2* – Уфалейский, *3* – Каслинский, *4* – Кунашакский, *5* – Кыштымский, *6* – Кусинский, *7* – Аргаяшский, *8* – Красноармейский, *9* – Ашинский, *10* – Усть-Катавский, *11* – Катав-Ивановский, *12* – Саткинский, *13* – Златоустовский, *14* – Миасский, *15* – Чебаркульский, *16* – Челябинский, *17* – Еткульский, *18* – Уйский, *19* – Пластовский, *20* – Увельский, *21* – Октябрьский, *22* – Троицкий, *23* – Верхнеуральский, *23а* – Магнитогорский, *24* – Чесменский, *25* – Шершневский, *26* – Анненский, *27* – Брединский

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.27

Соотношение средних оценок запаса углерода на покрытой лесом площади административных областей УрФО, полученных путем совмещения данных пробных площадей с материалами ГУЛФ

Административная область	Запас углерода в насаждениях, т/га		
	Наши данные	Алексеев, Бердси, 1994	Исаев, Коровин, 1997
Тюменская с округами	38,0	32,8	48,6*
Свердловская	46,5	43,1	
Курганская	42,0	40,4	
Челябинская	50,5	47,5	

* Средний показатель для Европейско-Уральской части РФ.

Таблица 4.28

Соотношение оценок запаса фитомассы на покрытых лесом площадях, полученных двумя разными методами, т/га

Регион	Источник информации	Фитомасса на 1 га покрытой лесом площади, полученная		Отношение 2:1
		путем совмещения данных о фитомассе с ГУЛФ (1)	по данным карт-схем (Базилевич, Родин, 1969) (2)	
Территория УрФО				
В том числе:				
лесотундра	Настоящее	< 20	25–50	2,5
северная тайга	исследование	20–50	50–150	2,7
средняя тайга		50–80	150–300	3,5
южная тайга		80–200	300–400	2,5
Архангельская обл.	Цветков, Сурина, 2003	44	50–150	2,3
Литва	Бумблаускис, 1996	133	300–400	2,6
Бурятия	Тулохонов и др., 2006	77	150–300	2,9

онов по протоколу Киото и торговли квотами на выбросы парниковых газов.

В табл. 4.28 сопоставляются результаты оценок фитомассы на покрытых лесом площадях, полученных для разных регионов в результате совмещения данных пробных площадей и ГУЛФ и простой экстраполяции данных пробных площадей на природные зоны и подзоны. Очевидно, что карты-схемы Н.И. Базилевич и Л.Е. Родина (1969) завышали оценки фитомассы почти втрое.

Карты-схемы, построенные по каждому административному образованию (см. рис. 4.37–4.41) мы объединили в одну карту-схему для УрФО в целом (рис. 4.43). При этом шаг градаций по запасам углерода на общей карте-схеме пришлось укрупнить, поскольку перепад значений этого показателя в пределах административного образования существенно меньше, чем по УрФО в целом, где охвачены все природные подзоны от лесотундры до лесостепи. На рис. 4.43 отчетливо прослеживается общая закономерность

Электронный архив УГЛТУ

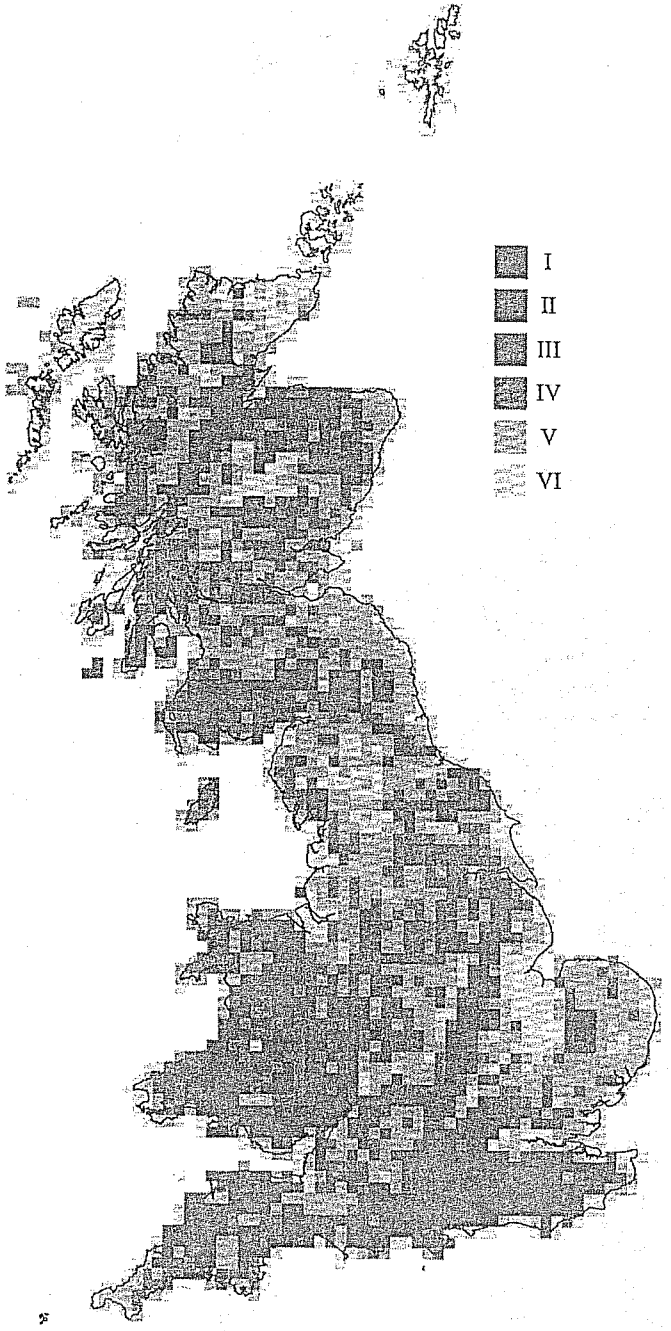


Рис. 4.42. Распределение запасов углерода в общей (надземная + подземная) фитомассе на территории Британии.
Диапазоны запасов углерода, т/га: I – > 10; II – 8–10; III – 6–8; IV – 4–6; V – 2–4; VI – < 2 (Cannell, Milne, 1995)

Электронный архив УГЛТУ

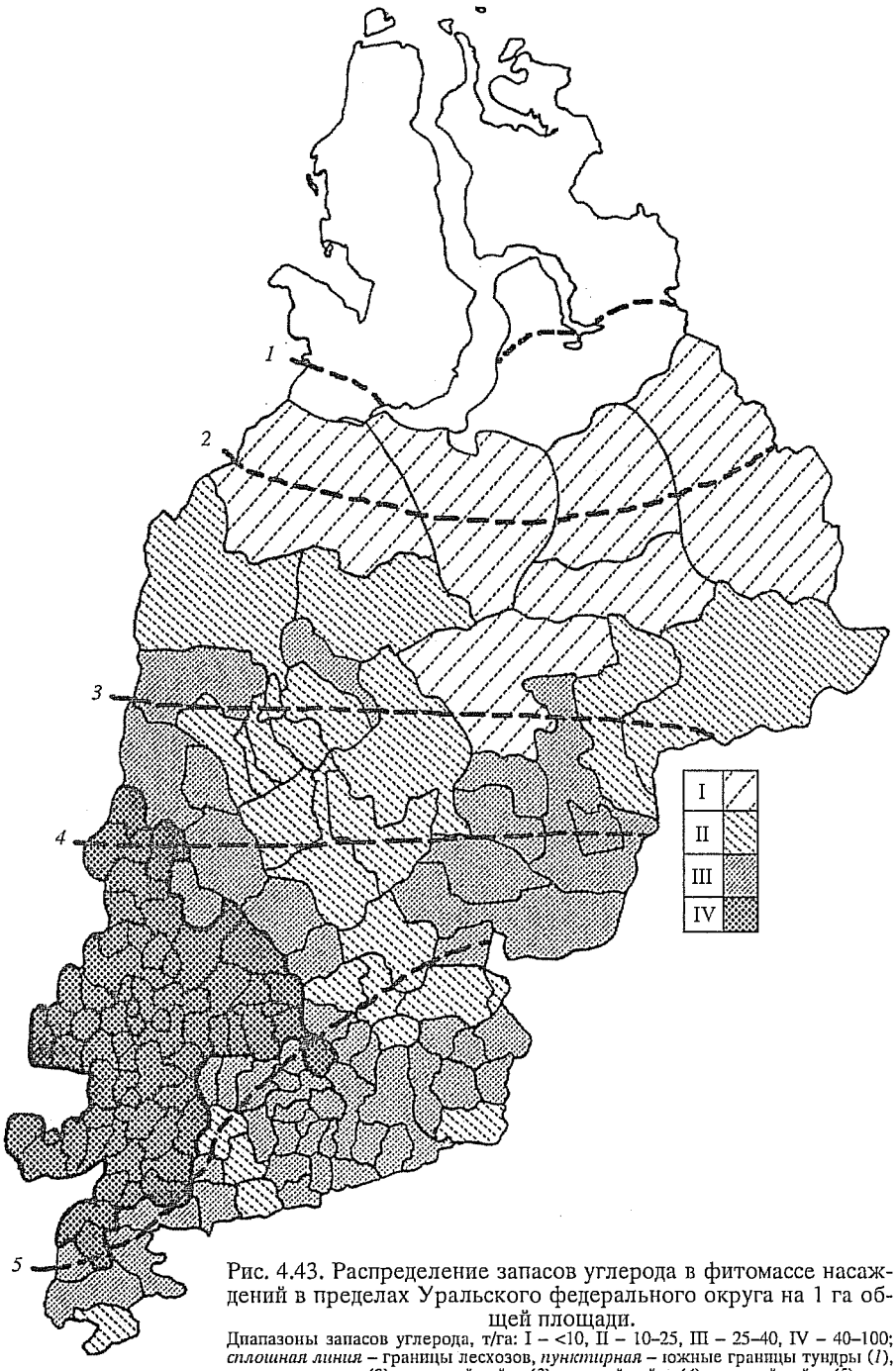


Рис. 4.43. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений в пределах Уральского федерального округа на 1 га общей площади.

Диапазоны запасов углерода, т/га: I – <10, II – 10–25, III – 25–40, IV – 40–100; *сплошная линия* – границы лесхозов, *пунктирная* – южные границы тундры (*1*), лесотундры (*2*), северной тайги (*3*), средней тайги (*4*) и южной тайги (*5*)

Таблица 4.29

Краткая таксационная характеристика и годичное депонирование углерода в фитомассе лесов УрФО

Породный состав*	Средний возраст, лет	Покрытая лесом площадь, тыс. га	Общий запас, тыс. м³	Средний запас, м³/га	Запас углерода в фитомассе (PC_T)			Годичное депонирование углерода в фитомассе (ZC_T)**			Отношение (ZC_T:PC_T), %
					общий, тыс. т	на 1 га***		общее, тыс. т	на 1 га***		
						а	б		а	б	
Ямало-Ненецкий автономный округ											
3С3Л2К1Е1Б	155	16 274	1 115 123	69	445 435	27,4	8,3	25 412	1,56	0,47	5,7
Ханты-Мансийский автономный округ											
4С2К1Е2Б1Ос	150	25 602	2 943 738	115	1 071 967	41,9	22,9	63 781	2,49	1,36	5,9
Тюменская область без округов											
2С1К1Е5Б1Ос	120	6353	907 696	143	333 890	52,6	33,6	21 124	3,32	2,12	6,3
Свердловская область											
4С1К1Е3Б1Ос	90	10 553	1 587 025	150	630 793	59,8	46,3	39 263	3,72	2,88	6,2
Курганская область											
2С8Б	50	1189	169 303	142	62 425	52,5	42,0	4770	4,01	3,21	7,6
Челябинская область											
3С1Е, Лп5Б1Ос	50	2316	364 200	157	134 082	57,9	50,4	10 440	4,51	3,93	7,8
В целом по УрФО											
–	–	62 287	7 087 085	114	2 678 592	43,0	21,1	164 790	2,65	1,30	6,2

* С – сосна, Л – лиственница, К – кедр, Е – ель, Б – береза, Ос – осина, Ли – липа.
** ZC_T и PC_T – общие (надземные + подземные) значения соответственно годичного депонирования углерода и углеродного пула, т/га.
*** а, б – соответственно на 1 га покрытой лесом и общей (в границах лесхоза) площади.

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.30

Распределение лесопокрытой площади по запасу и годичному депонированию углерода в административных образованиях, тыс. га*

Лесопокрытая площадь*	Градации запаса углерода (PC_T)**				Градации годичного депонирования углерода (ZC_T)***			
	6–10	10–25	25–40	40–100	0,7–1,0	1,0–2,5	2,5–4,0	4,0–19,0
Ямало-Ненецкий автономный округ								
16 274 / 100	16 274 / 100	–	–	–	16 274 / 100	–	–	–
Ханты-Мансийский автономный округ								
25 602 / 100	1292 / 5	9380 / 37	12 060 / 47	2870 / 11	1293 / 5	24 309 / 95	–	–
Тюменская область без округов								
6353 / 100	–	1679 / 26	2882 / 46	1792 / 28	–	5288 / 83	730 / 12	335 / 5
Свердловская область								
10 553 / 100	–	–	4441 / 42	6112 / 58	–	3068 / 29	6201 / 59	1284 / 12
Курганская область								
1189 / 100	–	113 / 10	1076 / 90	–	–	80 / 7	1077 / 90	32 / 3
Челябинская область								
2316 / 100	–	33 / 1	177 / 8	2106 / 91	–	109 / 5	951 / 41	1256 / 54

* Над чертой – тыс. га, под чертой – %.
** Градации приняты согласно легенде рис. 4.43.
*** Градации приняты согласно легенде рис. 4.49.

«профиля продуктивности» по Е.М. Лавренко с соавт. (1955): повышение запаса углерода на 1 га в направлении от лесотундр (6,7 т/га в Тарко-Салинском лесхозе Ямало-Ненецкого автономного округа) к уральским горным лесам (109 т/га в Верх-Исетском лесхозе Свердловской области) с последующим снижением по мере продвижения на юг, в зону степи (23,5 т/га в Брединском лесхозе Челябинской области).

Таким образом, нашими расчетами, выполненными на площади 127 млн га (из которых покрытая лесом составляет 62 млн га, или 49 %), установлено, что общий пул органического углерода насаждений составляет 2679 млн т, в том числе по автономным округам: Ямало-Ненецкий – 445, Ханты-Мансийский – 1072 и по областям: Тюменская – 334, Свердловская – 631, Курганская – 62, Челябинская – 134. Сводные показатели углеродного пула (PC_T) в лесах УрФО с их краткой таксационной характеристикой приведены в табл. 4.29, а количественная характеристика их территориального распределения по четырем градациям согласно легенде рис. 4.43 – в табл. 4.30.

Электронный архив УГЛТУ

4.3.2. РАСЧЕТ И КАРТИРОВАНИЕ ГОДИЧНОГО ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА В НАСАЖДЕНИЯХ ЛЕСОПОКРЫТЫХ ПЛОЩАДЕЙ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Из сформированной базы данных о фитомассе и первичной продукции насаждений Северной Евразии (см. Приложение 16) для Уральского региона и прилегающих к нему территорий было отобрано 245 определений годичной продукции, в том числе: сосна (кедр) – 59, ель (пихта) – 50, лиственница – 19, береза – 31, осина – 23, ольха– 5, липа – 16, совмещенных с данными о фитомассе на тех же пробных площадях. В этой базе информации по первичной продукции насаждений оказалось примерно в 5 раз меньше, чем по фракционному составу фитомассы, а по таким породам, как пихта и кедр, каких-либо сведений по первичной продукции в литературе нет. Эта диспропорция стала основным аргументом в пользу выбранного нами метода расчета первичной продукции и годичного депонирования углерода на лесопокрытых площадях УрФО с использованием не только данных ГУЛФ, но и результатов расчета количества фитомассы на тех же площадях.

При экстраполяции данных *NPP* на покрытые лесом площади УрФО были рассчитаны регрессионные модели *NPP* для насаждений лесообразующих пород по двум вариантам (табл. 4.31, 4.32). Для этого использована база данных о годичном приросте (первичной продукции) фитомассы, совмещенная с данными о фитомассе на тех же пробных площадях, т/га (см. Приложение 16). Из-за отсутствия данных о первичной продукции кедра и пихты модели для них рассчитаны как для сосны обыкновенной и ели соответственно.

При расчете по второму варианту (методу) в модели введены в качестве независимых переменных некоторые показатели фитомассы (см. табл. 4.32).

Алгоритмы совмещения моделей, приведенных в табл. 4.31 и 4.32, с матрицами лесоустроительных данных по запасам и лесопокрытым площадям аналогичны алгоритму совмещения с теми же показателями моделей (4.27), который описан выше, с той лишь разницей, что при табулировании моделей по второму методу (см. табл. 4.32) в модели (4.22) подставляются данные не только возраста и запаса стволовой древесины, но и массы хвои, корней и нижних ярусов из таблиц, в которых выполнены расчеты фитомассы (см. табл. 4.25). Путем деления полученных приростов фитомассы на лесопокрытую и общую площади получены распределения по лесхозам приростов фитомассы, отнесенных к 1 га соответственно лесопокрытой и общей площадей. Примеры расчетов для Алапаевского лесхоза Свердловской области приведены в табл. 4.33 и 4.34.

Сравнение итоговых данных прироста фитомассы насаждений на примере Свердловской области (табл. 4.35 и 4.36) показывает, что оценка по первому методу в 2,6 раза (15,3 против 5,8 т/га) выше, чем по второму. Разница в оценках массы корней еще больше: по Алапаевскому лесхозу, например, в 4 раза (ср. табл. 4.33 и 4.34). Двух-трехкратное превышение имеет место и по остальным административным образованиям, за исключением Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов (Приложение 22).

Средние оценки годичного прироста фитомассы на территории административных образований УрФО, полученные двумя методами, сопоставлены в табл. 4.37. Доля годичного прироста фитомассы корней по отношению

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.31

Характеристики уравнений вида (4.21) для лесообразующих древесных пород Урала (метод 1)

Зависимые переменные (т/м³)	Константы и независимые переменные		R^2	SE
	a_0	$a_1(1/A)$		
		Лиственница		
Z_S/M	0,0011	0,8127	0,786	0,008
Z_B/M	–0,0017	0,3655	0,718	0,004
Z_F/M	0,0109	0,0992	0,035	0,009
Z_R/M	0,0130	–0,3995	0,162	0,009
Z_U/M	0,0177	0,0642	0,0003	0,038
		Сосна и кедр		
Z_S/M	–0,00002	0,6499	0,320	0,022
Z_B/M	–0,0045	0,3619	0,622	0,006
Z_F/M	–0,0037	0,5412	0,604	0,010
Z_R/M	–0,0449	5,4785	0,629	0,095
Z_U/M	–0,0424	6,1645	0,303	0,131
		Ель и пихта		
Z_S/M	–0,0059	1,3787	0,879	0,011
Z_B/M	–0,0013	0,6886	0,718	0,009
Z_F/M	–0,0091	2,3735	0,776	0,028
Z_R/M	–0,002	0,884	0,721	0,012
Z_U/M	0,0364	–2,7132	0,019	0,028
		Береза		
Z_S/M	0,008	0,6558	0,861	0,011
Z_B/M	0,0035	0,2889	0,440	0,011
Z_F/M	0,0172	0,8188	0,602	0,027
Z_R/M	0,1239	–1,4813	0,015	0,221
Z_U/M	0,0566	–0,8762	0,160	0,035
		Осина		
Z_S/M	0,0003	0,6355	0,810	0,007
Z_B/M	0,0044	0,1109	0,244	0,004
Z_F/M	0,0065	0,2904	0,687	0,004
Z_R/M	0,0036	–0,0363	0,221	0,001
Z_U/M	0,0007	0,1788	0,287	0,006
		Ольха		
Z_S/M	0,0107	0,4582	0,845	0,002
Z_B/M	–0,0532	2,496	0,902	0,007
Z_F/M	–0,1206	5,5784	0,939	0,012
Z_R/M	–0,0231	1,1987	0,844	0,004
Z_U/M	–0,1184	5,2774	0,900	0,014
		Липа		
Z_S/M	0,0107	0,275	0,337	0,008
Z_B/M	–0,0027	0,4501	0,680	0,006
Z_F/M	0,0074	0,3173	0,161	0,014
Z_R/M	–0,0231	1,1987	0,844	0,004
Z_U/M	0,002	0,2133	0,079	0,015

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.32

Характеристики уравнений вида (4.22) для лесообразующих древесных пород Урала (метод 2)

Зависимые переменные (т/га)	Константы и независимые переменные						R^2	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln M)$	$a_3(\ln P_F)$	$a_4(\ln P_R)$	$a_5(\ln P_U)$		
Лиственница								
$\ln(Z_S)$	0,5296	–0,6384	0,5172	0,4014	–	–	0,878	0,475
$\ln(Z_B)$	–0,2296	–0,4553	–	1,7087	–	–	0,948	0,436
$\ln(Z_F)$	–0,0252	–0,6206	0,6229	–	–	–	0,647	0,508
$\ln(Z_R)$	–8,0556	0,8931	0,7663	–	–	–	0,769	0,786
$\ln(Z_U)$	–5,0276	–	–	–	–	1,7243	0,939	0,376
Сосна и кедр								
$\ln(Z_S)$	–1,3386	–0,6832	0,9233	–	–	–	0,498	0,717
$\ln(Z_B)$	–1,3031	–0,7018	0,4172	0,8101	–	–	0,716	0,473
$\ln(Z_F)$	–0,4108	–0,4242	0,2201	0,6936	–	–	0,756	0,303
$\ln(Z_R)$	–2,3369	–	–1,2147	–	3,0857	–	0,798	0,844
$\ln(Z_U)$	0,7702	–0,4171	–	–	–	0,8909	0,963	0,359
Ель и пихта								
$\ln(Z_S)$	0,7571	–1,056	0,6477	0,3361	–	–	0,824	0,406
$\ln(Z_B)$	–2,2684	–	–	0,908	–	–	0,833	0,332
$\ln(Z_F)$	–0,2467	–0,4345	0,2309	0,8057	–	–	0,862	0,346
$\ln(Z_R)$	–0,8403	–0,5943	0,3022	0,7810	–	–	0,833	0,412
$\ln(Z_U)$	–17,9726	3,3340	–	–	–	0,7476	0,629	0,651
Береза								
$\ln(Z_S)$	0,1859	–1,0005	0,8971	–	–	–	0,938	0,399
$\ln(Z_B)$	–0,4285	–0,2023	–	0,8003	–	–	0,797	0,563
$\ln(Z_F)$	–0,355	–0,5078	0,7003	–	–	–	0,867	0,44
$\ln(Z_R)$	0,0954	–0,3177	–0,4191	–	0,9879	–	0,768	0,435
$\ln(Z_U)$	1,2652	–0,46	–	–	–	0,4269	0,630	0,382
Осина								
$\ln(Z_S)$	0,3858	–1,3983	1,0479	0,5213	–	–	0,779	0,299
$\ln(Z_B)$	–3,9275	–2,0074	2,0914	0,527	–	–	0,856	0,393
$\ln(Z_F)$	–1,6959	–0,1799	0,6461	–	–	–	0,759	0,194
$\ln(Z_R)$	–6,1004	–	–	–	1,853	–	0,186	0,415
$\ln(Z_U)$	1,4016	1,8999	–1,7136	–	–	0,4294	0,907	0,308
Ольха								
$\ln(Z_S)$	–1,1480	–	–	1,9345	–	–	0,684	0,995
$\ln(Z_B)$	–0,8091	–	0,2209	–	–	–	0,672	0,299
$\ln(Z_F)$	0,0454	–	0,1949	–	–	–	0,999	0,009
$\ln(Z_R)$	–2,7974	–	–	–	0,9250	–	0,985	0,111
$\ln(Z_U)$	–0,5127	–	–	–	–	0,5308	0,372	0,691
Липа								
$\ln(Z_S)$	–1,6226	–0,5418	0,8865	0,1865	–	–	0,804	0,289
$\ln(Z_B)$	1,7170	–0,8566	0,2942	0,3127	–	–	0,61	0,312
$\ln(Z_F)$	–0,8529	0,1047	0,2624	–	–	–	0,387	0,339
$\ln(Z_R)$	–2,7974	–	–	–	0,9250	–	0,985	0,111
$\ln(Z_U)$	–0,0338	0,4685	–0,4589	–	–	0,2594	0,463	0,373

Таблица 4.33

Расчет годичного прироста фитомассы лесообразующих пород на покрытой лесом площади Алапаевского лесхоза по известным запасам стволовой древесины и возрастным группам (метод 1), тыс. т

Порода	Годичный прирост фитомассы в абсолютно сухом состоянии																	
	Стволы						Хвоя						Ветви					
	1	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего
С	15,37	37,84	98,96	37,11	20,44	209,72	11,93	25,07	54,32	11,92	–	103,25	7,50	13,22	20,88	–	–	41,60
Лц	–	–	0,01	0,01	0,05	0,07	–	–	0,01	0,01	0,09	0,11	–	–	–	–	0,01	0,01
К	0,11	0,26	5,58	2,08	0,81	8,85	0,08	0,13	1,48	0,07	–	1,76	0,05	0,04	–	–	–	0,08
Е	8,87	13,66	27,72	11,13	7,59	68,97	15,34	23,88	49,07	20,41	15,50	124,21	4,54	7,39	15,95	7,51	7,59	42,97
П	0,46	1,67	2,45	0,74	0,20	5,52	0,80	2,91	4,34	1,35	0,42	9,82	0,24	0,90	1,41	0,50	0,20	3,25
Ос	19,66	14,79	47,92	11,53	8,19	102,08	9,96	8,96	36,09	10,91	8,91	74,84	4,10	4,09	18,06	5,87	4,96	37,08
Ол	0,12	0,09	0,34	0,04	0,17	0,75	1,19	0,53	0,84	–	–	2,56	0,54	0,24	0,39	–	–	1,16
Лп	–	–	0,01	–	–	0,02	–	–	0,01	–	–	0,01	–	–	0,01	–	–	0,01
Б	32,19	38,82	269,30	30,47	48,36	419,15	41,86	53,88	401,28	48,46	79,66	625,14	14,17	17,08	118,42	13,39	21,24	184,31
Итого	76,78	107,13	452,30	93,11	85,81	815,13	81,16	115,37	547,44	93,14	104,58	941,70	31,13	42,96	175,11	27,26	34,00	310,46

Порода	Корни						Нижние ярусы						$Z_{АВО}$	$Z_{тот}$	$Z_{АВО}$	$Z_{тот}$
	1	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего			т/га	
С	119,00	240,78	493,14	82,33	–	935,25	135,82	285,13	616,83	134,50	–	1172,29	1526,86	2462,11	15,24	24,57
Лц	–	–	–	0,01	0,08	0,09	–	–	0,01	0,01	0,14	0,17	0,36	0,45	10,94	13,69
К	0,80	1,13	8,52	–	–	10,45	0,93	1,47	16,59	0,73	–	19,73	30,42	40,88	3,82	5,14
Е	5,81	9,37	20,05	9,24	8,98	53,45	–	–	–	7,39	42,22	49,61	285,76	339,20	8,19	9,72
П	0,30	1,14	1,77	0,61	0,24	4,07	–	–	–	0,49	1,14	1,63	20,21	24,28	9,24	11,10
Ос	–	0,41	5,33	2,55	2,47	10,76	5,63	4,37	14,86	3,79	2,80	31,45	245,45	256,20	4,96	5,18
Ол	0,26	0,12	0,22	–	–	0,60	1,12	0,49	0,74	–	–	2,36	6,83	7,43	12,99	14,12
Лп	–	–	–	–	–	–	–	–	0,01	–	–	0,01	0,04	0,05	4,02	4,24
Б	–	18,88	672,12	136,06	270,31	1097,36	–	–	247,06	56,39	115,28	418,73	1647,32	2744,68	11,84	19,72
Итого	126,17	271,83	1201,16	230,80	282,08	2112,04	143,50	291,47	896,09	203,32	161,58	1695,96	3763,25	5875,28	11,25	17,57

Примечание. Обозначения см. в табл. 4.25.

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.34

Расчет годичного прироста фитомассы лесообразующих пород на покрытой лесом площади Алапаевского лесхоза по известным запасам стволовой древесины и возрастным группам (метод 2), тыс. т

Порода	Годичный прирост фитомассы в абсолютно сухом состоянии																	
	Стволы						Хвоя						Ветви					
	1	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего
С	10,17	31,11	90,53	40,4	27,19	199,40	23,59	21,92	49,50	21,02	16,72	132,74	11,97	10,97	25,32	9,34	5,58	63,18
Е	10,21	8,84	16,18	7,19	8,04	50,46	13,89	11,77	24,73	13,93	20,62	84,94	3,52	3,16	6,99	4,71	8,84	27,23
П	1,04	1,19	1,37	0,42	0,20	4,21	3,59	1,82	1,94	0,70	0,45	8,50	1,12	0,50	0,55	0,23	0,18	2,57
Лц	–	–	0,01	0,01	0,06	0,08	–	–	0,01	0,01	0,04	0,05	–	–	–	–	0,01	0,01
К	0,09	0,27	6,46	2,69	1,15	10,65	0,29	0,40	6,95	2,43	0,93	11,00	0,14	0,20	3,03	0,91	0,30	4,58
Б	42,70	41,43	221,86	20,46	28,90	355,35	33,10	44,84	271,38	29,82	47,15	426,29	18,42	12,62	64,32	6,63	10,39	112,37
Ос	42,40	18,40	46,99	9,05	6,33	123,17	8,49	9,81	42,59	13,63	10,66	85,19	3,17	2,79	10,33	2,10	1,74	20,14
Ол	0,03	0,01	0,04	0,02	0,13	0,23	0,14	0,13	0,57	0,07	0,25	1,17	0,06	0,06	0,27	0,04	0,12	0,55
Лп	–	–	0,01	–	–	0,02	–	–	0,02	–	–	0,02	–	–	0,01	–	–	0,01
Итого	106,64	101,24	383,44	80,24	72,00	743,56	83,08	90,69	397,70	81,61	96,83	749,91	38,41	30,30	110,82	23,95	27,15	230,63

Порода	Корни						Нижние ярусы						$Z_{АВО}$	$Z_{тот}$	$Z_{АВО}$	$Z_{тот}$
	1	2	3	4	5	Всего	1	2	3	4	5	Всего			т/га	
С	2,19	22,72	114,42	80,12	66,99	286,43	5,59	6,69	13,81	9,77	22,49	58,35	453,67	740,11	4,53	7,39
Е	5,99	4,85	9,94	5,22	7,08	33,09	–	0,03	0,16	0,64	8,83	9,67	172,29	205,38	4,94	5,89
П	1,48	0,75	0,78	0,27	0,16	3,42	–	–	0,01	0,03	0,16	0,19	15,47	18,89	7,07	8,63
Лц	–	–	–	–	0,06	0,06	–	–	–	–	–	–	0,14	0,20	4,17	6,10
К	0,01	0,23	9,96	5,03	2,38	17,62	0,15	0,14	3,54	2,11	1,31	7,25	33,48	51,10	4,21	6,42
Б	19,19	19,45	79,25	7,98	12,75	138,63	41,96	28,21	75,04	6,49	10,0	161,70	1055,71	1194,34	7,59	8,58
Ос	0,17	0,91	9,62	4,82	5,43	20,94	14,50	7,06	21,10	8,44	5,38	56,48	284,98	305,92	5,76	6,18
Ол	0,01	0,03	0,11	0,01	0,03	0,19	0,03	0,05	0,26	0,04	0,16	0,53	2,48	2,68	4,72	5,09
Лп	–	–	0,01	–	–	0,02	–	–	0,01	–	–	0,01	0,06	0,08	5,60	7,09
Итого	29,05	48,94	224,09	103,45	94,87	500,40	62,23	42,18	113,92	27,53	48,32	294,19	2018,29	2518,69	6,03	7,53

Примечание. Обозначения см. в табл. 4.25.

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.35

Распределение общих и в расчете на 1 га приростов фитомассы по лесхозам Свердловской области (метод 1)

№ лесхоза (см. табл. 4.23)	Общий прирост фитомассы, тыс. т						В расчете			
							на лесопокрытую площадь, т/га		на общую площадь, т/га	
	Z_S	Z_F	Z_B	Z_U	Z_R	Итого	$Z_{АВО}$	$Z_{ТОТ}$	$Z_{АВО}$	$Z_{ТОТ}$
1	815	942	310	1696	2112	5875	11,3	17,6	10,2	16,0
2	243	316	107	388	501	1554	14,4	21,3	13,2	19,6
3	149	125	43	647	610	1574	18,4	30,0	15,7	25,6
4	223	306	103	381	475	1489	15,5	22,8	14,5	21,3
5	96	109	37	239	309	790	10,3	16,9	9,5	15,5
6	245	238	78	949	980	2490	22,2	36,7	19,3	31,9
8	457	590	193	994	1332	3565	21,0	33,5	18,8	30,3
7	419	615	203	536	879	2652	12,2	18,3	11,3	17,0
9	134	121	37	516	530	1337	25,9	43,0	22,8	37,6
10	586	733	234	1170	1725	4448	14,0	22,8	13,1	21,5
11	1713	1965	624	3976	5245	13524	8,8	14,3	5,6	9,2
12	222	199	69	825	839	2155	14,0	22,9	12,6	20,6
13	1312	1769	554	2001	3185	8821	7,0	10,9	3,5	5,5
14	245	270	96	567	691	1870	10,3	16,3	9,6	15,1
15	379	500	160	933	1286	3259	15,6	25,9	14,5	24,0
16	130	149	47	417	498	1241	22,6	37,8	19,6	32,6
17	108	144	43	248	419	960	17,1	30,4	12,7	22,4
18	1166	1464	504	3423	3472	10029	11,5	17,7	10,6	16,1
21	189	246	78	416	557	1486	15,0	24,0	13,3	21,2
19	248	322	103	570	823	2066	11,9	19,8	10,5	17,5
20	506	706	235	661	967	3075	13,9	20,2	12,9	18,7
22	519	753	242	4205	4195	9914	28,3	49,1	26,2	45,2
23	238	219	76	914	884	2331	14,3	23,1	12,2	19,6
24	573	840	277	866	1264	3820	15,0	22,4	13,1	19,6
25	1291	1790	571	2337	3375	9363	14,2	22,3	12,8	20,1
26	1651	2006	641	4595	5729	14622	15,7	25,9	14,5	24,0
26а	65	73	24	212	230	604	18,8	30,3	16,6	26,8
46	899	885	323	3087	3191	8385	7,2	11,7	5,8	9,3
27	404	453	147	1188	1333	3524	19,5	31,4	17,4	28,0
28	212	261	82	496	721	1772	14,7	24,9	12,4	20,8
29	289	349	115	782	925	2460	20,7	33,1	17,8	28,8
30	233	185	66	1045	960	2488	17,3	28,2	15,1	24,5
31	371	481	155	663	973	2643	12,3	19,5	10,1	16,0
32	169	141	47	739	711	1806	24,4	40,2	21,0	34,5
33	436	412	154	1905	1772	4680	12,5	20,2	10,9	17,5
34	877	990	318	2586	3077	7848	14,2	23,4	11,6	18,9
34а	841	973	330	1628	2103	5876	9,1	14,2	7,9	12,1
35	111	123	40	270	359	904	12,4	20,5	10,8	18,1
36	1129	1227	421	3466	3895	10139	10,5	17,1	8,5	13,6
37	339	375	117	1085	1307	3223	22,1	37,1	19,6	32,8
38	368	308	97	1431	1496	3699	21,3	35,8	18,6	31,3
40	1127	1432	451	1995	3014	8019	8,4	13,5	5,1	8,1
39	925	1123	368	1674	2494	6583	12,8	20,6	7,9	12,7
41	420	502	162	872	1281	3237	15,4	25,5	13,1	21,7
42	402	404	137	1435	1532	3910	17,1	28,0	14,8	24,4
43	586	702	234	1027	1527	4077	9,4	15,1	8,1	13,1
44	178	164	53	639	680	1714	18,0	29,8	14,7	24,4
47	521	748	244	741	1174	3428	12,9	19,6	10,7	16,2
45	444	692	227	532	895	2790	10,5	15,5	9,8	14,3
Итого по области	25 205	30 439	9977	63 965	78 533	208 118	12,3	19,7	9,5	15,3

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.36

Распределение общих и в расчете на 1 га приростов фитомассы по лесхозам Свердловской области (метод 2)

№ лесхоза (см. табл. 4.23)	Общий прирост фитомассы, тыс. т						В расчете			
							на лесопокрытую площадь, т/га		на общую площадь, т/га	
	Z_S	Z_F	Z_B	Z_U	Z_R	Итого	Z_{ABO}	Z_{TOT}	Z_{ABO}	Z_{TOT}
1	744	750	231	294	500	2519	6,0	7,5	5,5	6,8
2	215	252	79	49	152	747	8,1	10,2	7,5	9,4
3	132	109	42	32	148	462	6,0	8,8	5,1	7,5
4	192	235	75	42	128	671	8,3	10,3	7,8	9,6
5	86	90	29	82	53	340	6,1	7,3	5,7	6,7
6	208	178	66	44	199	696	7,3	10,2	6,3	8,9
8	374	402	132	56	265	1228	9,1	11,5	8,1	10,4
7	356	476	133	93	198	1256	7,3	8,7	6,7	8,1
9	113	88	35	17	136	389	8,1	12,5	7,1	10,9
10	516	522	162	135	298	1634	6,9	8,4	6,4	7,9
11	1554	1738	536	830	1223	5882	4,9	6,2	3,1	4,0
12	197	184	65	66	204	716	5,4	7,6	4,9	6,9
13	1161	1580	480	702	997	4920	6,7	8,4	3,4	4,3
14	229	243	77	103	155	805	5,7	7,0	5,3	6,5
15	303	362	112	80	192	1050	6,8	8,3	6,3	7,7
16	106	102	33	23	76	340	8,0	10,4	7,0	8,9
17	84	96	27	27	52	286	7,5	9,1	5,5	6,7
18	1004	1248	429	353	892	3926	5,3	6,9	4,9	6,3
21	158	182	53	41	111	545	7,0	8,8	6,2	7,8
19	203	244	73	80	133	732	5,7	7,0	5,1	6,2
20	435	548	158	91	275	1507	8,1	9,9	7,5	9,2
22	435	554	165	126	233	1513	6,3	7,5	5,9	6,9
23	212	198	70	63	211	754	5,4	7,5	4,6	6,4
24	453	612	176	83	302	1627	7,8	9,5	6,8	8,4
25	1059	1250	370	259	692	3629	7,0	8,6	6,3	7,8
26	1354	1445	460	347	1030	4636	6,4	8,2	5,9	7,6
26а	55	57	19	11	49	191	7,1	9,6	6,3	8,5
46	822	999	362	593	880	3657	3,9	5,1	3,1	4,1
27	342	338	114	65	301	1161	7,7	10,3	6,8	9,2
28	178	192	57	64	116	607	6,9	8,5	5,8	7,1
29	242	250	84	40	177	793	8,3	10,7	7,2	9,3
30	209	174	70	56	242	750	5,8	8,5	5,0	7,4
31	314	342	99	99	185	1038	6,3	7,7	5,1	6,3
32	146	112	46	26	172	501	7,3	11,2	6,3	9,6
33	389	406	149	148	349	1440	4,7	6,2	4,1	5,4
34	744	758	251	244	598	2595	5,9	7,7	4,8	6,2
34а	821	819	265	376	495	2776	5,5	6,7	4,8	5,7
35	108	100	34	35	74	350	6,3	8,0	5,5	7,0
36	1015	1078	353	508	739	3694	5,0	6,2	4,0	5,0
37	279	258	87	58	229	911	7,9	10,5	7,0	9,3
38	317	261	104	60	448	1190	7,2	11,5	6,3	10,1
40	1050	1199	370	550	742	3911	5,3	6,6	3,2	3,9
39	845	821	253	256	454	2629	6,8	8,2	4,2	5,1
41	371	360	109	102	223	1164	7,4	9,2	6,3	7,8
42	359	322	116	96	287	1180	6,4	8,5	5,6	7,4
43	570	562	170	240	298	1839	5,7	6,8	4,9	5,9
44	155	132	49	37	182	555	6,5	9,7	5,3	7,9
47	441	544	161	104	236	1486	7,2	8,5	5,9	7,0
45	356	504	154	94	192	1299	6,1	7,2	5,7	6,7
Итого по области	22012	24274	7740	7978	16523	78527	5,9	7,4	4,5	5,8

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 4.37

Соотношение средних оценок прироста фитомассы на территории административных образований УрФО

Административное образование	Годичный прирост фитомассы, т/га		
	Метод 1	Метод 2	Отношение 1-го ко 2-му
Ямало-Ненецкий АО	1,05	0,94	1,1
Ханты-Мансийский АО	1,68	2,73	0,6
Тюменская область	10,9	4,21	2,6
Свердловская область	15,3	5,8	2,6
Курганская область	11,4	6,42	1,8
Челябинская область	23,1	7,89	2,9

Таблица 4.38

Соотношение полученных двумя методами долей прироста подземной фитомассы, в % к приросту общей фитомассы

Административное образование	Доля прироста, %		
	Метод 1	Метод 2	Отношение 1-го ко 2-му
Ямало-Ненецкий АО	17	24	0,7
Ханты-Мансийский АО	12	24	0,5
Тюменская область	47	18	2,6
Свердловская область	38	21	1,8
Курганская область	37	18	2,1
Челябинская область	36	17	2,1

к приросту общей фитомассы, полученная по второму методу, снижается в направлении с севера на юг (табл. 4.38), и эта закономерность объясняется известным увеличением ФАР и соответственно – снижением жесткости условий произрастания, тогда как полученный по первому методу показатель, напротив, повышается, что можно объяснить лишь неточностью метода.

Поскольку оценки по второму методу получены с привлечением данных о массе ассимиляционного аппарата, биологически обусловлены, а массив экспериментальных данных о фитомассе, в том числе листвы, значительно больше, чем по первичной продукции, есть основание отдать предпочтение этим результатам как более близким к истинным.

На основе расчетов по второму методу получено территориальное распределение первичной продукции по УрФО, показатели которой пересчитаны на депонирование углерода по коэффициенту 0,5, составлены карты-схемы для каждого административного образования (рис. 4.44–4.48), а также обобщенная карта-схема для УрФО в целом (рис. 4.49). Закономерность изменения стока углерода по зональному градиенту (см. рис. 4.49) в этом случае в основном повторяет таковую для запасов углерода (см. рис. 4.43). Сводные показатели годичного депонирования углерода в фитомассе лесов УрФО приведены в табл. 4.29, а количественная характеристика и его территориальное распределение на лесопокрытой площади по четырем градациям депонирования углерода, принятым на рис. 4.49, – в табл. 4.30.

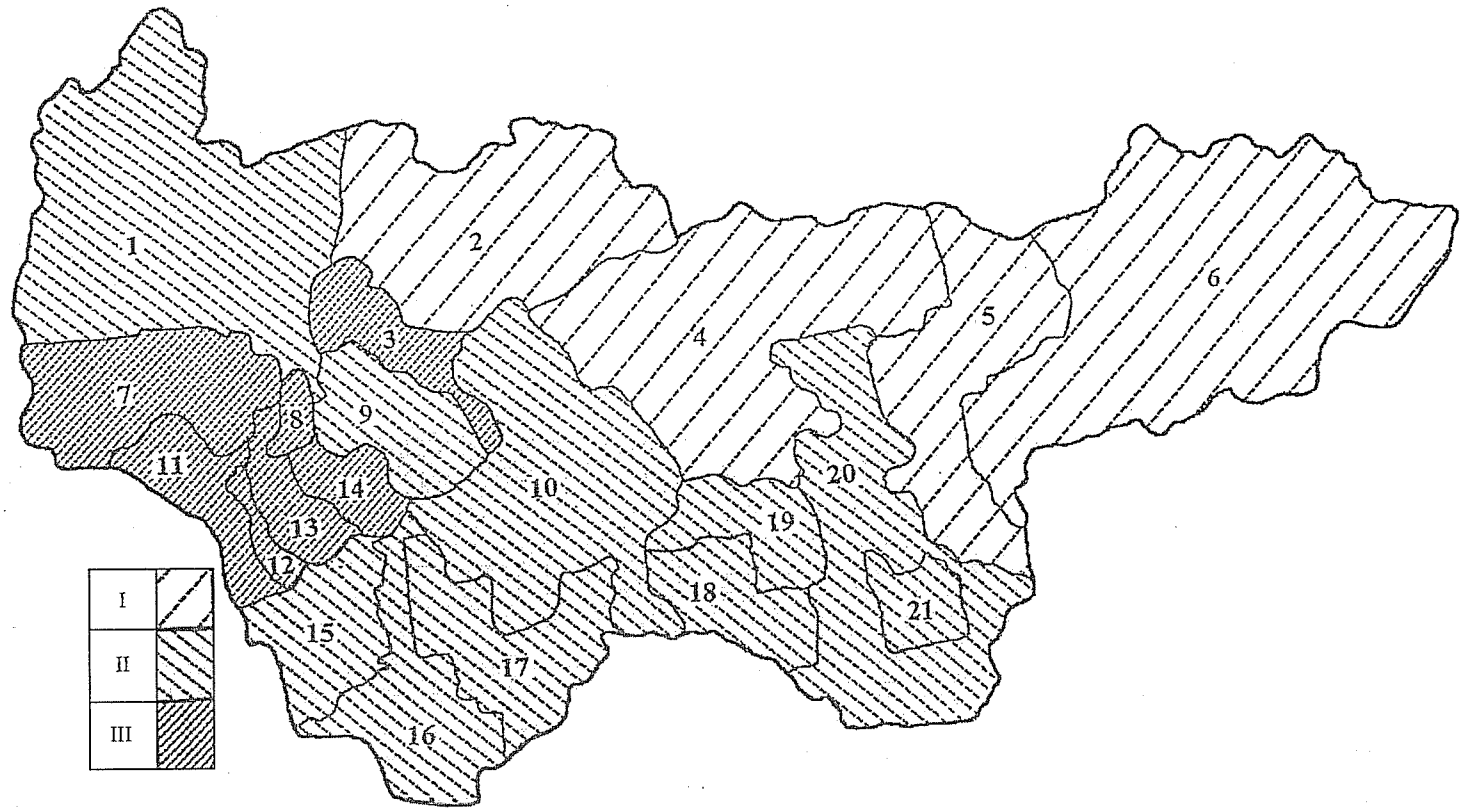


Рис. 4.44. Распределение годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений Ханты-Мансийского автономного округа на 1 га общей площади.

Диапазоны депонирования, т/га: I – < 1,25, II – 1,25–2,0, III – > 2,0; *1–21* – лесхозы: *1* – Березовский, *2* – Белоярский, *3* – Октябрьский, *4* – Сургутский, *5* – Мегионский, *6* – Нижневартовский, *7* – Торский, *9* – Красноленинский, *10* – Ханты-Мансийский, *11* – Пионерский, *12* – Комсомольский, *13* – Советский, *14* – Самзасский, *15* – Урайский, *16* – Междуреченский, *17* – Кондинский, *18* – Салымский, *19* – Нефтеюганский, *20* – Юганский, *21* – Заповедник «Юганский»

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

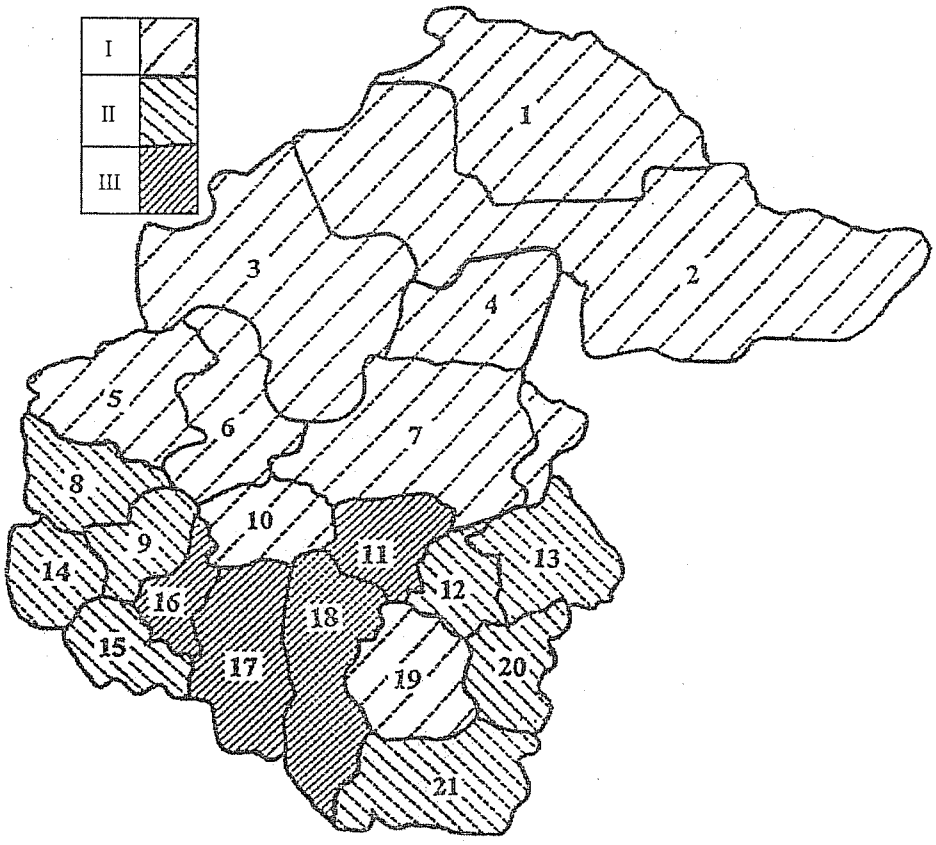


Рис. 4.45. Распределение годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений Тюменской области на 1 га общей площади.

Диапазоны депонирования, т/га: I – < 2,5, II – 2,5–4,0, III – > 4,0; *1–21* – лесхозы: *1* – Демьянский, *2* – Уватский, *3* – Тобольский, *4* – Дубровинский, *5* – Нижне-Тавдинский, *6* – Ярковский, *7* – Вагайский, *8* – Тюменский, *9* – Ялуторовский, *10* – Юргинский, *11* – Аромашевский, *12* – Сорокинский, *13* – Викуловский, 14 – Исетский, *15* – Упоровский, *16* – Заводоуковский, *17* – Омутинский, *18* – Голышмановский, *19* – Ишимский, *20* – Абатский, *21* – Казанский

Относительный показатель годичного депонирования углерода (ZC_T/PC_T), приведенный в табл. 4.29, характеризует скорость обновления органического вещества фитомассы и является одной из важнейших характеристик функционирования лесных экосистем (Базилевич и др., 1986). Этот показатель в лесах УрФО изменяется по зональному градиенту, увеличиваясь от 5,7 на севере до 7,8 на юге. Его наименьшее значение (5,7) приходится на подзону лесотундры, но тем не менее в 4 раза превышает аналогичный показатель (1,4) для подзоны южной тайги в Бурятии (Тулохонов и др., 2006), хотя запасы стволовой древесины в лесотундре, напротив, на 30 % ниже (69 против 102 м^3 /га). Причина такого противоречия, возможно, кроется в том, что расчеты для лесов Бурятии выполнены по иной методике.

Под депонированием углерода в нашем случае понимается величина, аналогичная первичной годичной продукции в углеродном эквиваленте. В случаях, когда годичное депонирование углерода оценивается по измене-

Электронный архив УГЛТУ

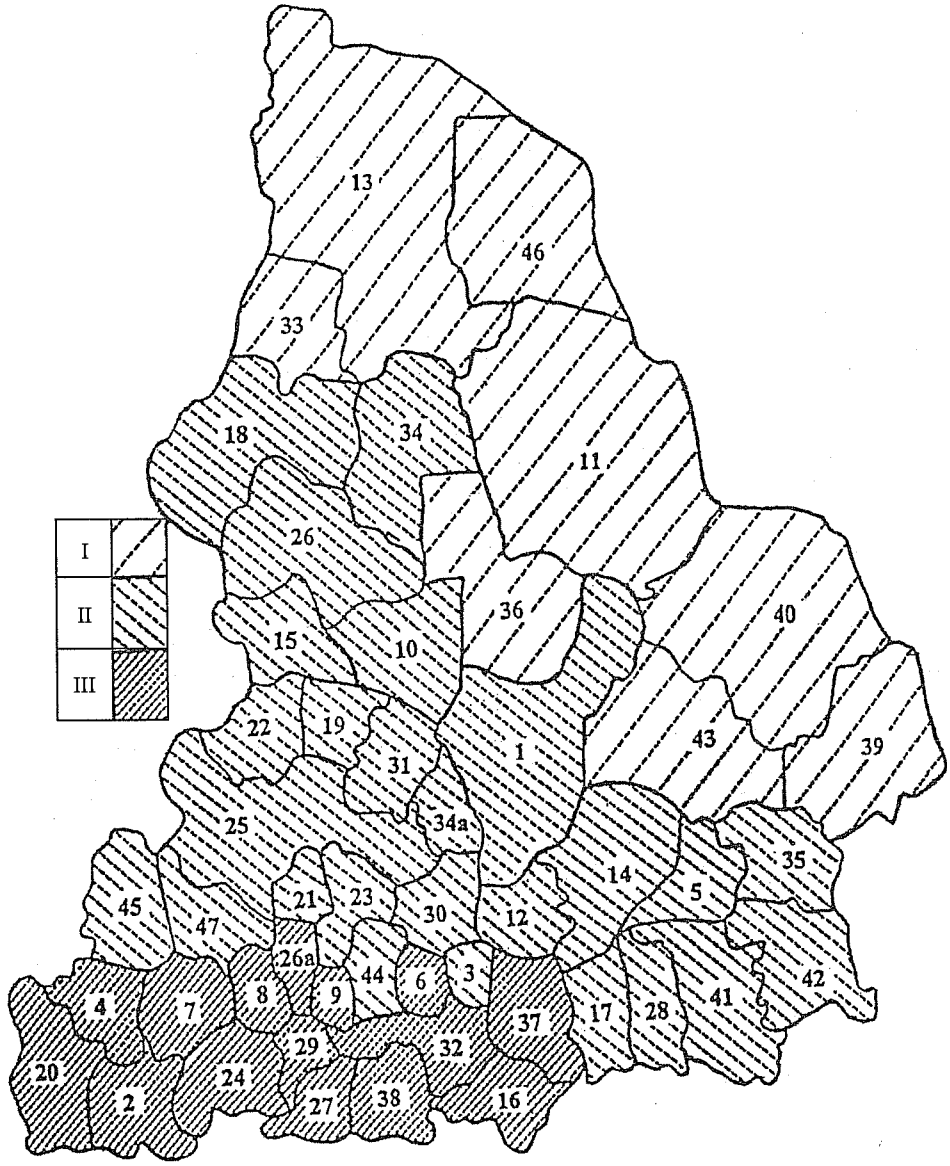


Рис. 4.46. Распределение годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений Свердловской области на 1 га общей площади.

Диапазоны депонирования, т/га: I – < 3,0, II – 3,0–4,0, III – > 4,0; *1–47* – лесхозы: *1* – Алапаевский, *2* – Артинский, *3* – Асбестовский, *4* – Ачинский, *5* – Байкаловский, *6* – Березовский, *7* – Бисертский, *8* – Билимбаевский, *9* – Верх-Исетский, *10* – Верхотурский, *11* – Гаринский, *12* – Егоршинский, *13* – Ивдельский, *14* – Ирбитский, *15* – Исовский, *16* – Каменск-Уральский, *17* – Камышловский, *18* – Каринский, *19* – Красноуральский, *20* – Красноуфимский, *21* – Кировоградский, *22* – Кушвинский, *23* – Невьянский, *24* – Нижне-Сергинский, *25* – Нижне-Тагильский, *26* – Новолялинский, *26а* – Новоуральский, *27* – Полевской, *28* – Пышминский, *29* – Ревдинский, *30* – Режевской, *31* – Салдинский, *32* – Свердловский, *33* – Североуральский, *34* – Серовский, *34а* – Синячихинский, *35* – Слободо-Туринский, *36* – Сотринский, *37* – Сухоложский, *38* – Сысертский, *39* – Тавдинский, *40* – Таборинский, *41* – Талицкий, *42* – Тугулымский, *43* – Туринский, *44* – Уралмашевский, *45* – Шамарский, *46* – Оусский, *47* – Шалинский

Электронный архив УГЛТУ

Рис. 4.47. Распределение годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений Курганской области на 1 га общей площади.
Диапазоны депонирования, т/га: I – < 2,5, II – 2,5–3,0, III – > 3,0; *1–28* – лесхозы: *1* – Барановский, *2* – Кособродский, *3* – Просветский, *4* – Куртамышский, *5* – Юргамышский, *6* – Иванковский, *7* – Боровлянский, *8* – Далматовский, *9* – Звериноголовский, *10* – Кетовский, *11* – Курганский, *12* – Лебяжьевский, *13* – Советский, *14* – Мехонский, *15* – Петуховский, *16* – Шатровский, *17* – Шумихинский, *18* – Шадринский, *19* – Шучанский, *20* – Сафакулевский, *21* – Варгашинский, *22* – Мокроусовский, *23* – Макушинский, *24* – Катайский, *25* – Половинский, *26* – Целинный, *27* – Каргапольский, *28* – Глядинский

Электронный архив УГЛТУ

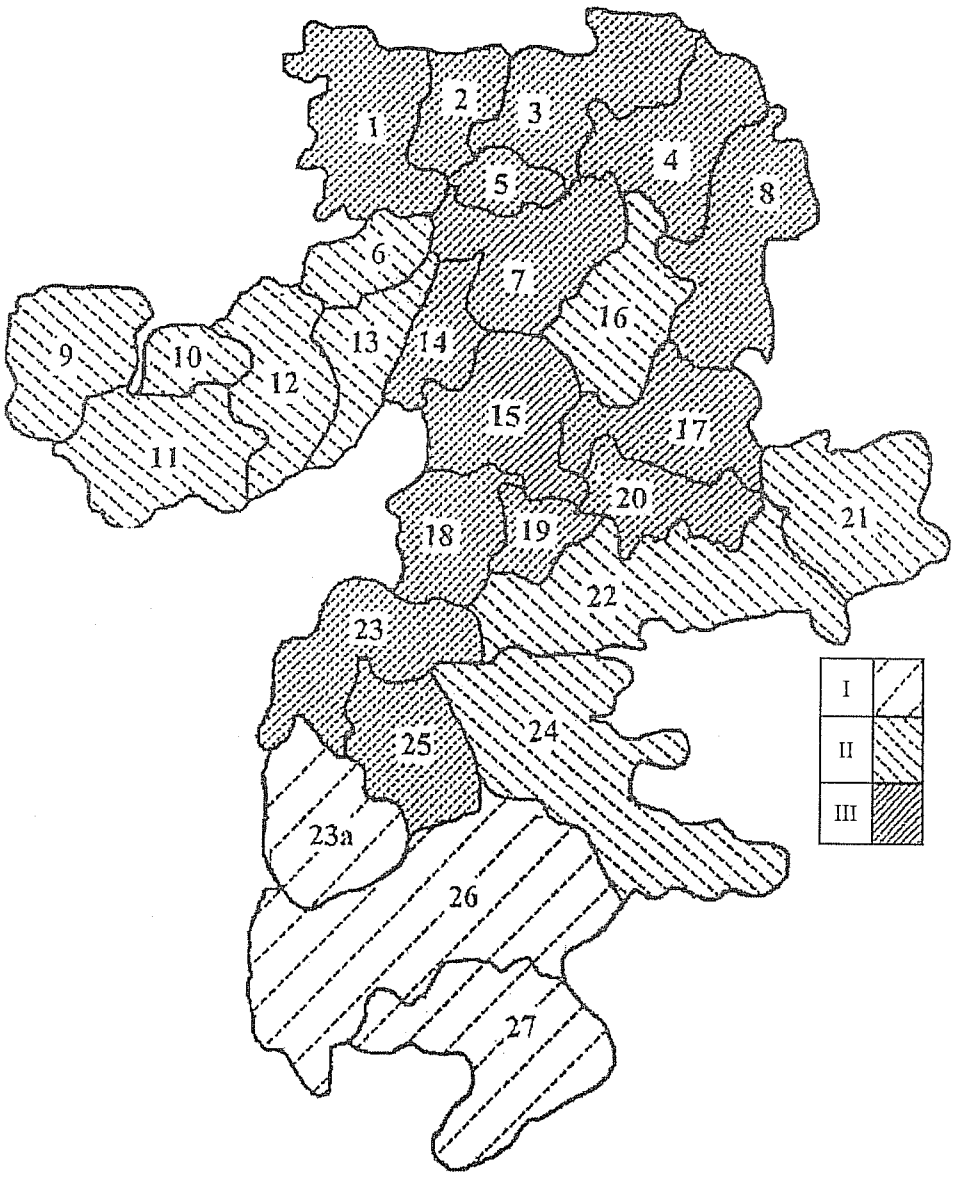


Рис. 4.48. Распределение годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений Челябинской области на 1 га общей площади.

Диапазоны депонирования, т/га: I – < 3,0, II – 3,0–4,0, III – > 4,0; *1–27* – лесхозы: *1* – Нязепетровский, *2* – Уфалейский, *3* – Каслинский, *4* – Кунашакский, *5* – Кыштымский, *6* – Кусинский, *7* – Аргаяшский, *8* – Красноармейский, *9* – Ашинский, *10* – Усть-Катавский, *11* – Катав-Ивановский, *12* – Саткинский, *13* – Златоустовский, *14* – Миасский, *15* – Чебаркульский, *16* – Челябинский, *17* – Еткульский, *18* – Уйский, *19* – Пластовский, *20* – Увельский, *21* – Октябрьский, *22* – Троицкий, *23* – Верхнеуральский, *23а* – Магнитогорский, *24* – Чесменский, *25* – Шершневский, *26* – Анненский, *27* – Брединский

Электронный архив УГЛТУ

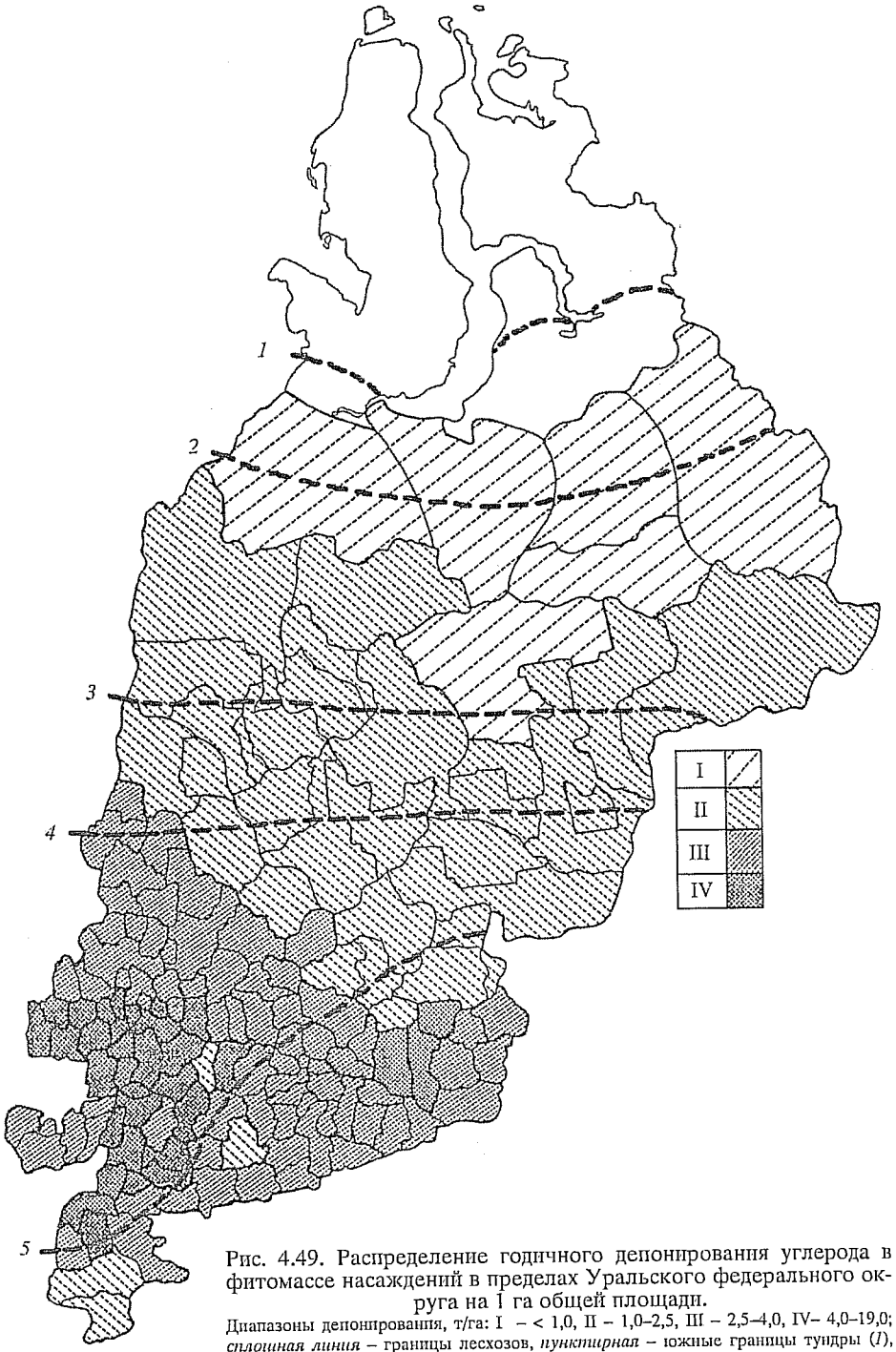


Рис. 4.49. Распределение годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений в пределах Уральского федерального округа на 1 га общей площади.

Диапазоны депонирования, т/га: I – < 1,0, II – 1,0–2,5, III – 2,5–4,0, IV– 4,0–19,0; *сплошная линия* – границы лесхозов, *пунктирная* – южные границы тундры (*1*), лесотундры (2), северной тайги (*3*), средней тайги (*4*) и южной тайги (*5*)

Электронный архив УГЛТУ

нию средних запасов насаждений в регионе за некоторый период, то определяется чистая биомная продукция в углеродном эквиваленте, оцененная на лесопокрытых площадях Европейско-Уральской части РФ величиной 0,656 т/га (Исаев, Коровин, 1997). Наши показатели годичного депонирования углерода насаждениями (в расчете на общую, т. е. в границах лесхозов, площадь) варьируют от 0,47 для Ямало-Ненецкого округа до 3,95 т/га для Челябинской области (см. табл. 4.37), и связать между собой эти результаты методически пока не представляется возможным.

Таким образом, на основе сформированной базы данных о фитомассе и ее годичном приросте для лесообразующих пород Уральского региона разработана система связанных уравнений двух уровней. На первом из них структура фитомассы сопряжена со структурой данных ГУЛФ, в результате чего составлена карта-схема распределения углеродного пула по лесхозам на площади 127 млн га от лесотундры Ямала до степи Южного Урала. На втором уровне структура годичного прироста фитомассы совмещена по рекурсивному принципу не только со структурой данных ГУЛФ, но и со структурой фитомассы, т. е. с результатами первого уровня, и составлена карта-схема годичного депонирования углерода, совмещенная с первой. Хотя все зависимости статистически достоверны, остается проблема оценки ошибки, совокупной по обоим уровням, без чего точность моделей второго уровня искусственно завышается (Швиденко, 2002). Подобную опасность накопления систематической ошибки таит в себе и практикуемый блочный принцип имитационного моделирования (Горстко, Эпштейн, 1978; Розенберг, 1984).

Установлено, что общий годичный сток атмосферного углерода в фитомассу насаждений на территории УрФО составляет 164,8 млн т и распределен по административным образованиям следующим образом, млн т: Ямало-Ненецкий округ – 25,4; Ханты-Мансийский округ – 63,8; собственно Тюменская область – 21,1; Свердловская область – 39,3; Курганская область – 4,8, Челябинская область – 10,4.

Данные по годичному депонированию углерода получены для УрФО впервые.

Электронный архив УГЛТУ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После ратификации протокола Киото в октябре 2004 г. для России, располагающей 22 % площади планетарных лесов, открываются новые перспективы в оценке биосферной роли национальных лесов, обеспечивающей высокие экономические выгоды, поскольку удельные затраты на сокращение 1 т выбросов CO_2 в России на два порядка ниже, чем в США и Японии (Ануфриев, 2004).

Начиная с 1970-х гг. исследования фитомассы и первичной продукции (*NPP*) лесных экосистем сместились с уровня отдельных насаждений на ландшафтный уровень, столкнувшись при этом с массой неопределенностей, обусловленных нехваткой и неточностью эмпирических данных о фитомассе и первичной продукции наземных экосистем, особенно их подземной сферы.

Методы оценки фитомассы и первичной продукции разных фракций и ярусов насаждений различаются степенью сложности и точности. Наиболее просты и доступны методы оценки биологической продукции стволов и листвы, наиболее сложны и проблематичны – ветвей и корней. Оценки массы корней и надземной фитомассы древостоев несопоставимы по сложности.

У каждого метода оценки той или иной фракции фитомассы и ее *NPP* есть специфичные достоинства и недостатки, значимость которых каждый автор оценивает обычно субъективно. Поэтому представление о «лучшем методе» достаточно неопределенно, особенно в отношении оценки полной первичной продукции тонких корней с учетом ее массооборота, поскольку неизвестны механизмы, контролирующие формирование и отмирание тонких корней (Santantonio, 1989). Остается неизвестной также суммарная ошибка 3-ступенчатого выборочного учета (древостой, дерево, навеска фракции) фитомассы и ее продукции.

Ж. Парде (Pardé, 1980) в качестве одной из главных неопределенностей при оценке первичной продукции стволов и ветвей выдвигает варьирование ширины годичного кольца во времени, по длине и диаметру ствола или ветви. Следствие последнего – неопределенность с понятиями текущего и среднепериодического приростов. Хотя есть множество других неопределенностей, которые при разных методах и их модификациях могут перекрывать смещения, связанные с проблемой годичного кольца.

Это касается установления соотношений подземной и надземной продукции, определения доли тонких корней в общей их массе, оценки общей массы тонких корней и их первичной продукции с учетом массооборота, познания механизмов, контролирующих формирование, отпад и разложение тонких корней, а также степень относительного смещения этих трех процессов во времени. Отдельная проблема связана с ролью корневых волосков и микоризы в продукционном процессе и их вкладом в упомянутые неопределенности. Основная причина неопределенностей с *NPP* – оценка малых величин по разности больших сильно варьирующих значений (Vogt et al., 1986a).

Электронный архив УГЛТУ

Сохраняется проблема нехватки информации и методического обеспечения исследований по определению биопродуктивности нижних ярусов и генеративных органов, и в региональных расчетах фитомассы и *NPP* пока приходится, полагаясь на их незначительную долю в общей продуктивности, ограничиваться экспертными оценками с вводом соответствующих корректировочных коэффициентов.

По мере развертывания исследований по проблеме биологической продуктивности лесов становится все более очевидным, что масса неопределенностей, связанная с этой проблемой, не только не сокращается, а напротив, все более возрастает. Тем не менее, несмотря на множественные неопределенности, сформированная и предложенная нами база данных о фитомассе и *NPP* лесных экосистем дает возможность на основе математико-статистических методов и новейших технических достижений оптимизировать технологию расчетов приходной части углеродного цикла лесного покрова.

Экотон как полоса перехода от древесной растительности к недревесной (тундровой, степной, болотной и т. д.) является уникальным природным объектом, на котором в первую очередь можно отслеживать последствия климатических изменений. Независимо от иерархического уровня, экотон формирует триггерную полосу, которая тем у́же, чем напряженнее конкурентные отношения между жизненными формами: если полоса *зонального* экотона может исчисляться сотнями и тысячами километров, *высотного* – сотнями метров, то ширина *локального* (например, лесной опушки) – несколькими метрами.

В зональном экотоне *лес-тундра* в низовьях р. Пур (67° с.ш., 78° в.д.) у лиственничников 45-летнего возраста при близких густотах надземная фитомассе и масса хвои в пойме соответственно в 7 и 2,4 раза выше, чем на плакорах; в спелых и старовозрастных насаждениях это различие еще выше – соответственно в 10 и 3 раза. По общей надземной первичной продукции различие почти 5-кратное.

В высотном экотоне западного склона Тылайского Камня (59°40’ с.ш., 59°10’ в.д.) выявлено закономерное 9–11-кратное снижение фитомассы ели между высотными уровнями 864 и 960 м над ур. м, а суммарно по всем составляющим древесным породам – 17–19-кратное. В предположении, что отпад и гетеротрофное дыхание взаимно уравновешены, среднее изменение фитомассы по высотному градиенту Тылайского Камня является чистой экосистемной продукцией *NEP* (т/га/год) за период, равный соответствующему возрасту деревьев на том или ином высотном уровне. Расчет *NEP* по высотным уровням показал, что ее величина постепенно снижается от 0,75 до 0,15 т на 1 га в год вверх по высотному профилю в полосе подъема верхней границы леса в течение последнего столетия.

Результаты выполненного нами географического анализа морфоструктуры и биологической продуктивности искусственных насаждений в зональном экотоне *лес–степь* в некоторой степени условны, поскольку исследуемые показатели обусловлены не только лесорастительными условиями, но и локальной концепцией лесокультурного производства. Тем не менее можно определенно утверждать, что в одних и тех же лесорастительных условиях и при близких показателях морфоструктуры насаждений в таксонах биологическая продуктивность культур сосны одна и та же, но при разли-

Электронный архив УГЛТУ

чиях в лесорастительных условиях разница достоверна. Отсутствие достоверных различий фитомассы культур в сухой степи и лесостепи означает, что меньшее количество осадков в степи в таких случаях компенсируется лучшими эдафическим увлажнением (при высоком уровне грунтовых вод) и трофностью темно-каштановых почв с мощным гумусовым горизонтом, в результате чего культуры растут по одному и тому же классу бонитета.

Для выявления зависимости биопродуктивности культур сосны по двум уровням факторов – климатическому и эдафическому – необходимо проведение в Урало-Сибирском бореальном экотоне более глубоких исследований с привязкой результатов к условиям эдафотопа, как это сделали Э.Г. Коломыц с соавт. (1993), для бореального экотона Европейской России.

Закладка пробных площадей как в культурах, так и в естественных сосняках по схеме «креста» дала возможность при минимуме экспериментального материала составить эскизы таблиц биологической продуктивности, которые необходимы при расчетах углеродного цикла лесов, а в будущем – и при устройстве лесов России.

При составлении нормативно-учетных таблиц для первичной продукции насаждений необходимо в структуру моделей вводить в качестве одной из независимых переменных показатель массы ассимиляционного аппарата и совмещать нормативные материалы по первичной продукции с таковыми для фитомассы насаждений.

Опубликованная в 2001 г. (Усольцев, 2001) база данных о запасах фитомассы в насаждениях основных лесообразующих древесных пород Северной Евразии в настоящем издании дополнена 1153 определениями, и общий ее объем достиг 6238 определений фитомассы насаждений. Впервые публикуемая база данных о *NPP* насаждений Северной Евразии включает в себя 1134 определений, что почти в 6 раз меньше объема информации о фитомассе лесных насаждений. Разработанный алгоритм совмещения данных *NPP* с фитомассой и массоопределяющими показателями древостоев дал возможность рассчитать модели и составить по каждому экорегиону таблицы возрастной динамики *NPP*, совмещенные с динамикой фитомассы и таксационных показателей.

Модели фитомассы совмещены с данными Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ). Расчеты, выполненные на площади 127 млн га в пределах УрФО (из которых покрытая лесом составляет 62 млн га, или 49%), показали, что общий пул органического углерода насаждений составляет 2679 млн т, в том числе по автономным округам: Ямало-Ненецкий – 445, Ханты-Мансийский – 1072; по областям: Тюменская – 334, Свердловская – 631, Курганская – 62 и Челябинская – 134.

Составлена карта-схема распределения запасов углерода в насаждениях 150 лесхозов на территории УрФО и подтверждена общая закономерность «профиля продуктивности» (Лавренко и др., 1955), установленная для европейской части России: повышение запаса углерода на 1 га в направлении от лесотундр (6,7 т/га в Тарко-Салинском лесхозе Ямало-Ненецкого автономного округа) к уральским горным лесам (109 т/га в Верх-Исетском лесхозе Свердловской области) с последующим снижением по мере продвижения на юг, в зону степи (23,5 т/га в Брединском лесхозе Челябинской области).

По материалам базы данных о первичной продукции лесообразующих пород рассчитаны соответствующие эмпирические модели, экстраполиро-

Электронный архив УГЛТУ

ванные на лесопокрытые площади каждого из 150 лесхозов: а – по материалам ГУЛФ, б – по карте-схеме распределения фитомассы. Впервые при картировании годичного депонирования углерода применен рекурсивный принцип совмещения эмпирических данных последнего не только с материалами ГУЛФ, но и с картами-схемами углеродного пула насаждений. Общий годичный сток атмосферного углерода в фитомассу насаждений на территории УрФО составляет 164,8 млн т, или 6,2 % от наличного запаса углерода в фитомассе, и распределен по административным образованиям следующим образом, млн т: Ямало-Ненецкий округ – 25,4; Ханты-Мансийский округ – 63,8; собственно Тюменская область – 21,1; Свердловская область – 39,3; Курганская область – 4,8 и Челябинская область – 10,4. Эти показатели стока углерода взвешены по классам возраста насаждений, запасам стволовой древесины, долевому участию каждой породы в лесном фонде и совмещены по рекурсивному принципу с массой ассимиляционного аппарата древесных пород и иными показателями фракционного состава фитомассы.

Нами показано, что адекватность уравнений биопродуктивности и точность конечных результатов их экстраполяции можно повысить не только путем увеличения количества массообразующих показателей в уравнении, но и посредством совмещения уравнений годичной продукции с уравнениями фитомассы, а затем совмещения процедуры экстраполяции годичной продукции на лесопокрытую площадь с результатами экстраполяции фитомассы.

В настоящее время, когда экспериментальных данных о первичной продукции значительно меньше, чем данных о фитомассе насаждений, разработанный и предложенный метод «привязки» процедуры экстраполяции первичной продукции насаждений на лесопокрытую площадь к ранее полученным результатам подобной экстраполяции фитомассы насаждений можно рассматривать как перспективный способ повышения точности картирования первичной продукции насаждений.

Сравнение рассчитанных нами итоговых значений запасов углерода с результатами В.А. Алексеева и Р.А. Бердси (1994), полученными на уровне административных областей, показывает, что те и другие довольно близки. Однако наши результаты дают более детальную информацию, поскольку получены на уровне лесхозов, а не областей.

Принятие площади отдельного лесхоза в качестве исходной (базовой) единицы при оценках углеродного пула и его годичного депонирования в фитомассе лесов создает возможность для географического анализа этих показателей. Однако площадь лесхозов на севере УрФО довольно велика, что не позволяет здесь выполнить привязку к орографии местности. В частности, не «улавливается» повышенная продуктивность лесов в пределах Сибирских увалов, простирающихся узкой полосой вдоль 63-й параллели на восток от 66-го меридиана, примерно по границе между Ямало-Ненецким и Ханты-Мансийским АО.

Поскольку средняя плотность органического углерода лесов на территории Свердловской и Челябинской областей в несколько раз выше, чем на территории Западной Европы, УрФО может иметь существенные экологические и экономические выгоды в ходе межрегиональных и межгосударственных расчетов при выполнении обязательств российских регионов

Электронный архив УГЛТУ

по протоколу Киото и торговле квотами на выбросы парниковых газов. Однако окончательный вывод о роли лесов УрФО в региональном балансе углерода можно сделать при учете не только приходной, но и расходной его части.

При оценке годичного депонирования углерода в фитомассе лесов путем экстраполяции экспериментальных данных, полученных на пробных площадях, на покрытую лесом площадь с использованием материалов ГУЛФ существенное значение имеет корректность этой процедуры. Несмотря на то, что фактические данные годичной продукции фитомассы почерпнуты разными исследователями в основном из одних и тех же источников, результаты нашей экстраполяции в лесах УрФО на 60 % ниже (2,65 против 4,26 т/га), чем результаты, полученные по уравнениям, принятым в работах Д.Г. Замолодчикова и А.И. Уткина (2000), но на 60 % выше (1,56 против 0,59 т/га), чем результаты, полученные А.К. Тулохоновым с соавт. (2006), хотя соотношение запасов древесины в последнем случае прямо противоположное. Таким образом, расхождения в региональных оценках годичного депонирования углерода лесами продолжают оставаться значительными, и необходимо дальнейшее сопоставление и уточнение применяемых методических подходов.

Электронный архив УГЛТУ

CONCLUSION

After the ratification of the Protocol Kyoto in October 2004, for Russia involving 22 % of world forest area new perspectives have been opened in accounting biospheric role of national forests. High economic interest is possible today for Russia because specific expenditure on reduction of 1 ton of CO_2 emission in Russia is by two orders lower than in USA and Japan (Anufriev, 2004).

Since 1970 studying forest biomass and *NPP* has been removed from a single stand level to a landscape one. This was related to a number of uncertainties caused by shortage and inaccuracy of biomass and *NPP* harvest data of terrestrial ecosystems especially in underground space.

Biomass and *NPP* of their different components have been estimated with different level of difficulty and exactness. Methods of estimating biological productivity for stem and foliage are the simplest and most available but for roots and branches are the most complicated and problematical. Root and aboveground biomass estimations are incomparable in relation to their complication.

Each method of estimating some component of biomass and its *NPP* has specific shortcomings and advantages and their priority are perceived by each scientist with some degree of subjectivity. Therefore the concept of the «best» method is uncertain enough. This is especially true for estimating thin root biomass and its turnover because the mechanisms controlling growth and mortality of thin roots are unknown (Santantonio, 1989). A combined error of the three stages of sampling (stand, tree and fraction specimen levels) is unknown too.

J. Parde (1980) considers varying the width of an annual ring of stems and branches along their length and diameter and in relation to tree age as one of the main uncertainties in *NPP* estimations. A consequence of this is an uncertainty with concepts of current and mean annual increments. Nevertheless there is a number of other uncertainties that applying to different methods and their modifications can exceed the ring problem in biases of *NPP* estimations.

This concerns estimating the below – and aboveground *NPP* relations, the share of thin roots in their total mass, the total thin root mass and its *NPP* including root turnover, as well as understanding the mechanisms controlling growth, mortality and decay of thin roots and the value of the relative biases of these three processes in the time. A special problem has been related to the role of hair roots and mycorrhizae in a production process and to their contribution into above mentioned uncertainties (Vogt et al., 1982, 1986a). The main cause of uncertainties related to *NPP* consists in trying to measure a small number that can only be estimated as the difference between two much large numbers (Vogt et al., 1986a).

There is also a problem of shortage of information and methodical supplying related to estimating biological productivity of understory and generative organs, and it is to be limited to their estimates of experts with corresponding correction factors having in mind their scanty shear in total productivity.

As a study of the problem of forest biological productivity has been developed, it is more and more obviously that a number of uncertainties related to this problem

Электронный архив УГЛТУ

not only to be decreased but on the contrary to be more and more increased. Nevertheless, the database of forest biomass and *NPP* compiled and brought forward on this edition gives us an opportunity to optimize a procedure of calculating the input part of forest carbon cycle using the newest technical progress in spite of multiple uncertainties reported here.

Ecotone as a belt of transition from forest vegetation to nonforest one (tundra, steppe, swamp, etc.) is an unique natural object allowing to control climate change consequences. Irrespective of hierarchical level of an ecotone, it forms a trigger belt that is the more narrow the more intense the competitive relations between life forms: the belt of zonal ecotone may be of hundred and thousand kilometers, the belt of altitude one – of hundred meters and the belt of local one (for example, a wood margin) – of some meters.

On the zonal ecotone forest–tundra in the lower Pur river (67° N, 78° E) the transition belt width between forest and tundra varies from tens of metres to 2–3 kilometres depending of relief peculiarities and flood-lands width. The shore drainage, silt sediments and warmth (thermal) river flowing are the causes of high *Larix* forest yield on the riverside belt of forest-tundra, the same as on taiga zone. When one is moving away from the flood-lands, *Larix* forest site index is decreased from II–III (by M. Orlov's scale) on the lower terrace to V–Va on the elevated sites of the watershed.

At the age of 45 years and similar densities (1300–1700 trees per ha) the carbon pool in *Larix* aboveground biomass and needle biomass on the flood-lands are correspondingly 7,0 and 2,4 times more than on the watershed. In senescent forests this difference is a bit higher, 10 and 3 times correspondingly. Annual carbon deposition differs 5 times by these two sites.

As a result of studying forest biological productivity on the altitudinal treeline ecotone of the western slope of Tylaiskii Kamen Mountain (the western part of Konzhakovskii Kamen Mountains, 59°40' N, 59°10' E), namely on the belt of the upper tree-limit rising between 864 and 960 m above see level, during the last 100 years, it was recognized that about 100 years ago on the lower level (864 m a.s.l.) a mixed spruce-fir-birch forest was established. Approximately at the same time a more high position up-slope (on the middle level 924 m a. s. l.) was occupied by *Abies sibirica* trees too. About 40 years later the upper level (960 m a.s.l.) was occupied by *Pinus sibirica* trees and some more after 12 years the same level was reached by *Picea obovata* trees.

Because of progressive rising the upper tree limit, the *Picea* forest age is decreased from 100 years at the lower level to 28 years at the upper level. Following specific temporal dynamics of environment, different species were as pioneers rising up-slope at different time periods.

The 9–11 times decreasing of the carbon pool in *Picea* biomass between altitudinal levels of 864 and 960 m a.s.l. was recognized. The total decreasing for all the species was 17–19 time correspondingly.

If one supposing biomass mortality and soil respiration are balanced, average carbon pool change is equal to annual net ecosystem production (*NEP*) (*t* C per ha) for the period of development of trees on the given altitudinal level. With calculating *NEP* for each level, decreasing of annual *NEP* up-slope from 0,75 (864 m a. s. l.) to 0,15*t* per ha (960 m a. s. l.) on the belt of upper tree-limit rising was recognized.

Our results of geographical analysis of morphological structure and biological productivity of man-made forest stands on the zonal ecotone forest-steppe are under

Электронный архив УГЛТУ

condition to some extent, because the values under study have been determined not only by site conditions but also by a local concept of forest planting or sowing. Nevertheless we can state that biological productivity of forest plantations on the regions studied is the same under the same sites and under the near indices of stand morphological structure but it differs for certain under different site condition within a local region. An unauthenticity of biomass difference between pine plantations on dry steppe and forest-steppe means that the lower precipitation on steppe has been compensated with the better edaphic humidity and trophic ability of dark-chestnut soils having a deep humus layer. As a result such plantations are growing according to the same site index.

The more intense study of biological productivity of pine plantations on the boreal Ural-Siberian ecotone in relation to edatop conditions is needed using two factors – climatic and edaphic – like the results by E. Kolomyts et al., (1993) for European Russia's ecotone.

Forest plot establishment both in man-made and in natural pine stands according to «cross» scheme gives us a possibility to design biological yield tables under minimum harvest data. These tables are needed under forest carbon cycle calculating as well as under Russia's forest inventory in the future.

When compiling standard tables of *NPP*, it is needed to introduce foliage biomass as one of the independent variables into regression model structure and combine *NPP* tables with biomass tables.

Forest biomass database for forest-forming species of Northern Eurasia published earlier (Usoltsev, 2001) has been supplemented in this monograph with 1152 determinations and thus its total content is of 6237 determinations of forest biomass. The database of forest *NPP* of Northern Eurasia offered here for the first time involves 1098 determinations that about 6 times less then the total volume of information on forest biomass. The algorithm of combining *NPP* data with biomass data developed by the author gives a possibility to calculate models and to compile the tables of age dynamics of forest *NPP* joint with age dynamics of forest biomass and mensuration indices.

The forest biomass database for 10 forest-forming species on the area of the Ural and adjacent regions involving 1230 determinations, regression models designed on this base and describing biomass change in relation to stand age and stem volume per ha, have ensured the correct combining harvest biomass data with National Forest Inventory System (NFIS) database.

Carbon calculating concerns forested area (127 million ha) of the Ural Federal District (UFD) involving Tyumen and its districts, Yekaterinburg, Kurgan and Chelyabinsk oblast's besides of nonforested and agricultural areas. It was obtained the values of the total organic carbon pool in forest biomass equal to 2679 million tons being distributed among administrative units as follows: Yamalo-Nenetskii district – 445; Khanty-Mansiiskii district – 1072; Tyumen oblast' (without the above-mentioned districts) – 334; Yekaterinburg oblast' – 631; Kurgan oblast' – 62 and Chelyabinsk oblast' – 134 million tons. These values are weighed by means of stand age classes, stem volume per ha and species composition in forested area.

The designed map of forest carbon pool distributed on the area of 150 forest farms of UFD shows the common zonal «productivity profile» that is similar to one by Lavrenko et al. (1955): the consequent carbon pool increase per ha in direction from forest-tundra (6,7 t/ha on the Tarko-Salinskii forest farm) to the Ural mountain taiga forests (109 t/ha on the Verkh-Isetskii forest farm of Yekaterinburg oblast')

Электронный архив УГЛТУ

followed by decrease in the southern direction up to the zone of steppe (23,5 t/ha on Bredinskii forest farm of Chelyabinsk oblast').

When using the database of NPP, the empirical regression models are calculated that are combined with (a) data of NFIS and also with (b) the map of forest biomass distribution. For the first time a recursive principle of combining annual carbon deposition data with not only NFIS data but also with the map of carbon pool distribution data has been used.

It is stated that the total annual sink of the atmospheric carbon in forest biomass (without soil respiration) on the area of UFD is 164,8 million tons (6,2 % of the carbon pool) and it is distributed among the administrative units by following way: Yamalo-Nenetskii district – 25,4; Khanty-Mansiiskii district – 63,8; Tyumen oblast' (without its districts) – 21,1; Yekaterinburg oblast' – 39,3; Kurgan oblast' – 4,8 and Chelyabinsk oblast' – 10,4 million tons. These values of carbon deposition on forest biomass are weighed by means of stand age classes, stem volume per ha, species composition and are compatible with foliage biomass and another biomass indices by recursive principle.

It is shown by this study that it is possible to raise the adequacy of bioproductivity models and the exactness of the final results of their extrapolation on the forested area not only with increasing the volume-forming independent variables in the equations but also by way of combining *NPP* equations with biomass equations and then by way of combining the procedure of *NPP* extrapolating with the results of biomass extrapolating on forested area.

Today, when the harvest *NPP* data are many times less than harvest biomass data, the method of such joining may be accounted as a perspective way of raising the exactness of *NPP* mapping.

Comparison of our values of the forest carbon pool with the results by Alexeyev and Birdsey (1998) shows that these results are similar but our data are more detailed because they are obtained on the level of a forest farm, not of an oblast' or region's level. Our scheme of distributing annual carbon deposition on the area of UFD is obtained for the first time.

Accounting the area of a singe forest farm as an initial unit of carbon pool and its annual sink calculating gives us a possibility of geographic analysis of these indices. But the area of forest farms on the northern part of UFD is too large that does not allow to relate carbon pool and sink distribution with the relief of the territory. For example, the more high forest productivity on the «Sibirskiye Uvaly» area expanded as a narrow belt to the east from the 66-th meridian along the 63-th latitude, i.e. approximately along the boundary between Yamalo-Nenetskii and Khanty-Mansiiskii districts has been not revealed.

As average forest carbon density per ha of the area of Yekaterinburg and Chelyabinsk oblast's almost 10 times more than on the area of Western Europe (Cannell and Milne, 1995), this fact ensures for UFD considerable ecological and economic profits at the course of inter-regional and inter-governmental accounts when realizing governmental obligations according to Kyoto Protocol and trading quotas on greenhouse gases. Nevertheless the final conclusion about the role of UFD forests in the regional carbon cycle one can make when accounting not only its input part but also its output part (soil respiration, forest fires, wood cuttings, etc.).

A correctness of the procedure of estimating annual carbon deposition in forest biomass involving the extrapolation of harvest *NPP* data obtained on the forest plots on a forested area according to the materials of NFIS has a significant role. In spite

Электронный архив УГЛТУ

of the fact that harvest *NPP* data are extracted by different scientists from the same sources mainly, our results of *NPP* extrapolating on the UFD forested area by 60 % lower than the results obtained according to *NPP* equations by Zamolodchikov and Utkin (2000) (2,65 against 4,26 t per ha), but by 60 % higher that the results obtained by Tulokhonov et al. (2006) (1,56 against 0,59 t per ha), although at the latter case the ratio of stem volume values in two regions studied are on the contrary. Thus, the discrepancies in regional estimates of annual carbon deposition in forest biomass continue to be considerable, and a subsequent comparative analysis and more accurate definition to methodical approaches are needed.

Электронный архив УГЛТУ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абаимов А.П. Леса мерзлотной зоны Сибири: региональные особенности, природная и антропогенная динамика // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Мат-лы Всерос. конф. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2004. С. 244–246.

Абаимов А.П., Бондарев А.И., Зырянова О.А., Шитова С.А. Леса Красноярского Заполярья. Новосибирск: Наука, 1997. 208 с.

Абатуров Ю.Д. Некоторые особенности биологического круговорота азота и зольных элементов в сосняках Южного Урала // Тр. Ин-та биологии УФАН СССР. Свердловск, 1966. Вып. 55. С. 69–77.

Абражко М.А. Закономерности распределения и фракционный состав биомассы подземных частей // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л.: Наука, 1973. С. 109–116.

Абражко М.А. Пространственное распределение и динамика биомассы корней ели // Факторы регуляции экосистем еловых лесов. Л.: Наука, 1983. С. 89–97.

Агроклиматический справочник Кустанайской области / Под ред. Э.С. Зарембо. Алма-Ата, 1969. 200 с.

Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985. 487 с.

Алексеев В.А. Фотосинтетически активная радиация (ФАР) и прирост фитомассы древостоев некоторых типов биогеоценозов // Докл. АН СССР, 1967. Т. 175, № 4. С. 954–957.

Алексеев В.А. Главнейшие компоненты годичной продукции веществ // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л.: Наука, 1973. С. 119–125.

Алексеев В.А., Бердси Р.А. Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1994. 224 с.

Алексеев В.А., Гортинский Г.Б., Карпов В.Г. Методы исследования // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л.: Наука, 1973. С. 92–99.

Алексеев В.А., Марков М.В. Статистические данные о лесном фонде и изменение продуктивности лесов России во второй половине XX века. СПб.: Санкт-Петербургский лесной экологич. центр, 2003. 272 с.

Алексеев В.А., Старостина К.Ф., Ющенкова Л.Н. Закономерности распределения и фракционный состав надземной биомассы // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л.: Наука, 1973. С. 102–108.

Алексеев В.В. Биогеоценозы – автогенераторы и триггеры // Журн. общ. биол., 1976. Т. 37, № 5. С. 738–744.

Алексеев В.П. Природа и общество: этапы взаимодействия // Экология и жизнь, 2002. № 2. С. 4–8.

Алехин В.В. Объяснительная записка к геоботаническим картам (современной и восстановленной) бывшей Нижегородской губернии. Л., 1935.

Андреев В.Н. Продвижение древесной растительности в тундру в связи с защитными свойствами лесопосадок на Севере // Ботан. журн., 1954. Т. 39, № 1. С. 28–47.

Андреев В.Н. Заселение тундры лесами в современную эпоху // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.; Л.: Изд-во ЛГУ, 1956. Вып. 1. С. 27–45.

Андреев В.Н. Некоторые географические закономерности в распределении надземной фитомассы в тундровой зоне в связи с продвижением на север древесно-кустарниковой растительности // Биологические основы использования природы Севера. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1970. С. 6–29.

Андреева Е.Н., Баккал И.Ю., Горшков В.В. и др. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХ СПб. гос. ун-та, 2002. 240 с.

Андреяшкина Н.И. Сравнительная оценка методов определения прироста гипоарктических кустарников и кустарничков // Геоботаника, экология и морфология растений на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1977. С. 28–32.

Электронный архив УГЛТУ

Андреяшкина Н.И., Горчаковский П.Л. Продуктивность кустарниковых, кустарничковых и травяных сообществ лесотундры и методика ее оценки // Экология, 1972. № 3. С. 5–12.

Андрущенко А.П. Надземная фитомасса сосновых культур в разных типах леса// Труды Харьковского с.-х. ин-та, 1976. Т. 225. С.52–59.

Андрущенко А.П. Надземная фитомасса древостоев разного возраста в свежей субори // Труды Харьковского с.-х. ин-та, 1977. Т. 240. С. 53–56.

Антанайтис В.В., Загреев В.В. Прирост леса. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 200 с.

Антонов Г. Некоторые дополнения к методу определения годичного прироста биомассы в культурах сосны обыкновенной // Горскостопанска наука, 1980. Т. 17, № 2. С. 16–28 (болг.).

Антонов Г. Биологичен кръговрат на някои химични елементи и почвообразувателен процес в горната част на буково-еловия пояс на Средна Стара планина // Горскостопанска наука, 1986. Т. 23, № 2. С. 43–51 (болг.).

Ануфриев В.П. Природа и человек: возможно ли равновесие? // Урал, 2004. № 8. С. 88–90.

Арманд А.Д. Гомеостазис экосистем // Экосистемы в критических состояниях. М.: Наука, 1989. С. 10–23.

Арманд А.Д., Ведюшкин М.А. Триггерные геосистемы (препринт). М.: Ин-т географии АН СССР, 1989. 51 с.

Арманд А.Д., Кушнарева Г.В. Переход экосистем через критические состояния в пространстве // Экосистемы в критических состояниях. М.: Наука, 1989. С. 75–138.

Арманд Д.Л. Происхождение и типы природных границ // Изв. ВГО, 1955. Т. 87, вып. 3. С. 266–278.

Арманд Д.Л. Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы). М.: Мысль, 1975. 287 с.

Арчегова И.Б., Заболоцкая Т.Г., Кононенко А.В. и др. Продуктивность и круговорот элементов в фитоценозах Севера. Л.: Наука, 1975. 130 с.

Арутюнян С.Г., Уткин А.И. Биологическая продуктивность и вертикально-фракционная структура естественных средневозрастных древостоев трех типов сосняков // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. М.: Наука, 1986. С. 163–177.

Арутюнян С.Г., Уткин А.И. Фитомасса, годичная продукция и вертикально-фракционная структура трех типов сосняков // Анализ продукционной структуры древостоев. М.: Наука, 1988. С. 142–150.

Астрологова Л.Е. О биологической продуктивности сосняка черничного в средней зоне тайги // Лесн. журн., 1978. № 2. С. 16–20.

Астрологова Л.Е. Изменение запасов фитомасс древесных растений в процессе формирования сосняка черничного // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Л.: ЛЛТА, 1983. С. 116–119.

Аткин А.С. Масса корней сосны на гранитных интрузиях Казахского мелкосопочника // Вестн. с.-х. науки Казахстана, 1978. № 6. С. 82–86.

Аткин А.С. Фитомасса и обмен веществ в сосновых лесах. Красноярск: Ин-т леса и древесины, 1984. 135 с.

Аткин А.С. Закономерности формирования органической массы в лесных сообществах: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. УГЛТА. Екатеринбург, 1994. 40 с.

Аткина Л.И., Петелина О.А. Структура надземной фитомассы естественных молодняков и культур сосны Челябинской области // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Брянск: БГИТА, 2002. Вып. 3. С. 3–6.

Бабиков Б.В., Субота М.Б. Динамика фитомассы надземной части сосновых древостоев после осушения болот // Эколого-экономические аспекты гидролесомелиорации. Гомель, 2003. С. 26–28 (Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Белоруссии. Вып. 58).

Бабич Н.А., Мерзленко М.Д., Евдокимов И.В. Фитомасса культур сосны и ели в европейской части России. Архангельск: АГТУ, 2004. 112 с.

Базилевич Н.И. Геохимия почв содового засоления. М.: Наука, 1965. 351 с.

Базилевич Н.И. Лесостепные солоди. М.: Наука, 1967а. 98 с.

Базилевич Н.И. Продуктивность и биологический круговорот в моховых болотах Южного Васюганья // Растительные ресурсы. 1967б. Т. 3, вып. 4. С. 567–588.

Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.

Электронный архив УГЛТУ

Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.

Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Картосхемы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши // Изв. ВГО, 1967. Т. 99, № 3. С. 190–194.

Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Запасы органического вещества в подземной сфере растительных сообществ суши Земли // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы. Междунар. симп. СССР. Л.: Наука, 1968. С. 15–23.

Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Географические закономерности продуктивности и круговорота химических элементов в основных типах растительности Земли // Общие теоретические проблемы биологической продуктивности. Л.: Наука, 1969. С. 24–33.

Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В. и др. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 183 с.

Банникова И.А., Назимова Д.И., Волокитина А.В. Факторы устойчивости формации *Larix sibirica* в экотоне лес–степь // Методы оценки состояния и устойчивости лесных экосистем: Тез. докл. Междунар. совещ. Красноярск, 1999. С. 28–29.

Беленков Д.А. Вероятностный метод исследования антисептиков для древесины. Свердловск: Изд-во УрГУ, 1991. 177 с.

Беленький М.Л. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. Л.: Медгиз, 1963. 152 с.

Беляков П., Кръстанов К., Шиков К. и др. Надземна биомаса и нейните компоненти на бялборовите култури // Горскостопанска наука, 1985. Т. 22, № 5. С. 14–23 (болг.).

Березюк И.Е. О густых посадках лесокультур // Научные тр. КазНИИЛХ, 1959. Т. 2. С. 40–49.

Бернал Дж. Наука в истории общества. М.: Изд-во иностр. лит., 1956. 735 с.

Биологическая продуктивность лесов Поволжья / Под ред. С. Э. Вомперского. М.: Наука, 1982. 282 с.

Бобкова К.С. Еловые леса // Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. СПб.: Наука, 2001. С. 52–68.

Бобкова К.С. Биологическая продуктивность и компоненты баланса углерода в молодняках сосны // Лесоведение, 2005. № 6. С. 30–37.

Бобкова К.С., Смоленцева Н.Л., Тужилкина В.В., Артемов В.А. Круговорот азота и зольных элементов в сосново-еловом насаждении средней тайги // Лесоведение, 1982. № 5. С. 3–11.

Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Кузин С.Н. Углеродный цикл в еловых экосистемах северной тайги // Экология, 2006а. № 1. С. 23–31.

Бобкова К.С., Тужилкина В.В. Углеродный цикл в еловых экосистемах //Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006б. С. 265–288.

Бойко А.В., Лознухо И.В. Биоэкологические особенности лесных фитоценозов Припятского заповедника. Минск: Наука и техника, 1982. 134 с.

Бойко А.В., Евсиевич К.М., Лознухо И.В. и др. Биологическая продуктивность дубовых фитоценозов Припятского государственного заповедника // Изв. АН БССР. Сер. биол., 1975а. № 3. С. 12–17 (белорус.).

Бойко А.В., Сидорович Е.А., Моисеева А.Б. Экспериментальные исследования природных комплексов Березинского заповедника. Минск: Наука и техника, 1975б. 376 с.

Бойко А.В., Смольский Н.В., Сидорович Е.А. и др. Экспериментальные исследования ландшафтов Припятского заповедника. Минск: Наука и техника, 1976. 304 с.

Бондаренко Н.Я. Фитомасса сосны обыкновенной в культурах сухой степи // Бюл. ВНИАЛМИ, 1970. Вып. 7(59). С. 33–36.

Борискина Е.М. Взаимодействие корневых систем дуба и сосны с почвой // Тр. Воронежского гос. заповедника, 1959. Вып. 8. С. 255–263.

Борисов А.А. Климаты СССР. М.: Просвещение, 1967. 296 с.

Братилова Н.П. Изменчивость кедровых сосен и особенности создания культур целевого назначения: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. СибГТУ. Красноярск, 2005. 36 с.

Брошгилова М. Биологическая продуктивность и круговорот азота и некоторых зольных элементов в фитомассе культуры евроамериканского тополя (*P. bachelieri*) // Горскостопанска наука, 1986. № 2. С. 59–66 (болг.).

Электронный архив УГЛТУ

Будаев Х.Р. Рост и формирование корневой системы сосны в зависимости от типов лесорастительных условий песков // Ветровая эрозия почв и меры борьбы с ней. Улан-Удэ, 1971. С. 156–180 (Труды Бурятского ин-та естеств. наук. Вып. 9).

Будыко М.И. Изменение климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 280 с.

Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 488 с.

Будыко М.И., Борзенкова И.И., Менжулин Г.В., Селяков К.И. Предстоящие изменения регионального климата // Изв. РАН. Сер. географ., 1992. № 4. С. 36–52.

Будыко М.И., Ефимова Н.А. Использование солнечной энергии природным растительным покровом на территории СССР // Ботан. журн., 1968. Т. 53, № 10. С. 1384–1389.

Бузыкин А.И., Исмагилов А.М., Суворова Г.Г., Щербатюк А.С. Оценка продуктивности деревьев и древостоев // Лесоведение, 1991. № 6. С. 16–25.

Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 2002. 152 с.

Букс И.И. Лиственничные редколесья на севере Лено-Оленекского междуречья // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1966. Т. 71, № 4. С. 71–74.

Булатова И.К. Изменение сезонной ритмики и продуктивности растительных горных тундр в ходе сукцессий (на примере Северного Урала): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск: ИЭРиЖ, 1978. 28 с.

Бумблаускис Т. Функционирование органического вещества растительности в экосистемах Литвы. Клайпеда: Клайпедский ун-т, 1996. 212 с.

Бусько Е.Г. Антропогенная трансформация фитомассы и химических элементов в дубово-темнохвойных лесах Белоруссии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Днепропетровск: Днепропетровский гос. ун-т, 1986. 24 с.

Быков Б.А. Геоботаника. Алма-Ата: АН КазССР, 1957. 367 с.

Быков Б.А. Геоботанический словарь. 2-е изд., перераб. и доп. Алма-Ата: Наука, 1973. 214 с.

Бычваров Д., Петков П.Б., Сидеров К. К характеристике корневой системы дубовых насаждений в Восточных Родопах // Горскостопанска наука, 1976. Т. 13, № 2. С. 3–8 (болг.).

Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.

Вакуров А.Д., Полякова А.Ф. Круговорот азота и минеральных элементов в низкопродуктивных ельниках северной тайги // Круговорот химических веществ в лесу. М.: Наука, 1982. С. 20–43.

Валетов В.В., Кудин М.В., Котляров С.Д. Почвенно-гидрологические условия формирования фитомассы древостоя болотных лесов Березинского заповедника // Почвенные исследования и применение удобрений. Минск: Ураджай, 1981. Вып. 12. С. 11–17.

Валетов В.В., Кудин М.В., Смоляк Л.П. Структура первичной продукции болотных лесов. Минск: Ураджай, 1985. 164 с.

Валуцкий В.И., Храмов А.А. Структура и первичная продуктивность рямов юго-восточного Васюганья // Теория и практика лесного болотоведения и гидролесомелиорации. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1976. С. 59–81.

Вальтер Г. Растительность земного шара. М.: Прогресс, 1974. Т. 2. 423 с.; 1975. Т. 3. 429 с.

Варлыгин Д.Л., Базилевич Н.И. Связи продукции зональных растительных формаций мира с некоторыми параметрами климата // Изв. АН СССР. Сер. географ., 1992. № 1. С. 23–32.

Василевич В.И. Континуум в хвойно-мелколиственных лесах Карельского перешейка // Ботан. журн., 1967. Т. 52, № 1. С. 33–45.

Ватковский О.С. Фитомасса солонцовых дубрав // Лесоведение, 1969. № 1. С. 90–94.

Ватковский О.С. Анализ формирования первичной продуктивности лесов. М.: Наука, 1976. 116 с.

Ватковский О.С., Гришина Л.А., Лидов В.П., Бабьева И.П. Почвы и продуктивность ельников Валдая // Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1972. Вып. 1. С. 131–149.

Ватковский О.С., Головенко С.В., Гришина Л.А. и др. Скрытоподзолистые геохимически автономные песчаные почвы Валдая и биологическая продуктивность произрастающих на них сосняков // Геохимические и почвенные аспекты в изучении ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1975. С. 146–170.

Электронный архив УГЛТУ

Вдовенко П.Н. К вопросу взаимодействия сосны и травянистой растительности в культурах ленточных боров Прииртышья // Леса и древесные породы Северного Казахстана: Ботанические исследования. Л.: Наука, 1974. С. 122–126.

Ведрова Э.Ф. Углеродный цикл в экосистемах сосновых лесов // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. С. 244–248.

Ведрова Э.Ф. Деструкционные процессы в углеродном цикле лесных экосистем Енисейского меридиана: Дис. в виде науч. докл. докт. биол. наук. Ин-т леса им. В.Н. Сукачева. Красноярск, 2005. 60 с.

Ведрова Э.Ф., Спиридонова Л.В., Стаканов В.Д. Круговорот углерода в молодняках основных лесообразующих пород Сибири // Лесоведение, 2000. № 3. С. 40–48.

Ведь И.П. Вертикальная поясность и производительность лесов горного Крыма в связи с показателем соотношения тепла и влаги // Изв. ВГО, 1969. Т. 101, № 2. С. 149–152.

Ведюшкин М.А. Гистерезис в конкурентных системах // Факторы и механизмы устойчивости геосистем. М.: Ин-т географии АН СССР, 1989. С. 215–225.

Ведюшкин М.А. Моделирование пространственных переходов между фитоценозами // Математическое моделирование популяций растений и фитоценозов. М.: Наука, 1992. С. 24–30.

Верзунов А.И. Рост лиственницы и устойчивость культурных фитоценозов с ее господством на полугидроморфных почвах лесостепи Северного Казахстана // Экология, 1980. № 2. С. 38–44.

Вернадский В.И. Биосфера. Очерки I и II. Л.: Науч. хим.-техн. изд-во, 1926. 146 с.

Вернадский В.И. Биосфера: Избр. тр. по биогеохимии. М.: Мысль, 1967. 376 с.

Веселкин Д.В. Оценка объемной доли грибного симбионта в эктомикоризных окончаниях *Picea obovata* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb. и *Pinus sylvestris* L. // Тр. Ин-та биоресурсов и прикладной экологии. Вып. 4. Оренбург, 2004. С. 5–11.

Виноград Д.И. Рост всасывающей корневой системы абрикоса // Труды Дагестанского с.-х. ин-та, 1941. Т. 3.

Винтонив И.С., Гранатырь В.Ф. К вопросу определения фитомассы в буковых ценозах // Биогеоценологические исследования на Украине (тез. докл.). Львов: Ин-т ботаники, 1984. С. 53–54.

Волобуев В.Р. О почвенно-климатических ареалах // Почвоведение, 1945. № 1. С. 3–16.

Волобуев В.Р. О фитоклиматических закономерностях в распределении растительности на территории СССР // Ботан. журн. СССР, 1947. № 5. С. 200–205.

Вомперский С.Э., Иванов А.И. Вертикально-фракционная структура и первичная продуктивность сосняков болотного ряда // Лесоведение, 1978. № 6. С. 13–24.

Вомперский С.Э., Иванов А.И. Первичная биологическая продуктивность болотных сосняков // Биогеоценологическое изучение болотных лесов в связи с опытной гидромелиорацией. М.: Наука, 1982. С. 94–132.

Воронин П.Ю. Ежегодный фотосинтетический сток атмосферного углерода и *NEP* растительного покрова Северной Евразии // Докл. РАН, 2006. Т. 408, № 6. С. 842–844.

Воронков Н.А., Невзоров В.М. Корневая система сосны в связи с водным режимом песчаных почв // Лесоведение, 1981. № 6. С. 14–23.

Вострикова А.П. Некоторые данные о корневой системе сосны // Тр. Брянского лесохозяйственного ин-та, 1940. Т. 4. С. 41–50.

Второва В.Н. Биологическая продуктивность и обменные процессы в ельниках Тянь-Шаня: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1975. 28 с.

Габделхаков А.К. Первичная продуктивность липняков Башкирского Предуралья // Лесоведение, 2001. № 3. С. 38–45.

Габделхаков А.К. Фитомасса липняка в культурах // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. Вып. 26. С. 43–51.

Габеев В.Н. Продуктивность и биометрические показатели культур сосны в раннем возрасте // Изв. СО АН СССР. Сер. биол., 1975. № 10, вып. 2. С. 8–14.

Габеев В.Н. Биологическая продуктивность лесов Приобья. Новосибирск: Наука, 1976. 171 с.

Габеев В.Н. Экология и продуктивность сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 1990. 229 с.

Галазий Г.И. Вертикальный предел древесной растительности в горах Восточной Сибири и его динамика // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 3 (Геоботаника). Л., 1954. Вып. 9. С. 210–329.

Электронный архив УГЛТУ

Гар К.А. Методы испытания токсичности и эффективности инсектицидов. М.: Сельхозгиз, 1963.

Гарелков Д. Биологична продуктивност и оптимизиране състава на някои типове букова гора // Горскостопанска наука, 1970. Т. 7, № 1. С. 39–58 (болг.).

Гвоздецкий Н.А., Николаев В.А. Казахстан. М.: Мысль, 1971. 281 с.

Георгиевский Н.П. О развитии насаждений при рубках ухода // Развитие русского лесоводства. М.; Л.: Гос. лесотехн. изд-во, 1948. С. 112–179.

Герасимов Д.А. Геоботаническое исследование торфяных болот Урала (краткое предварительное сообщение) // Торфяное дело, 1926. № 3. С. 53–58.

Герасимова М.И., Гришина Л.А., Лазукова Г.Г., Сысуев В.В. Материалы к изучению биологического круговорота элементов в лесах Валдая и влияние хозяйственной деятельности на свойства лесных почв // Экология и продуктивность лесов Нечерноземья. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 84–138.

Герц Э.Ф., Кислухин А.А. Экспериментальное исследование влияния точности валки на вероятность соударения деревьев // Научные труды УГЛТУ. Екатеринбург, 2004. Вып. 3. С. 3–6.

Гитарский М.Л., Карабань Р.Т., Филипчук А.Н. и др. Расчетная оценка стока углерода в лесах России за последнее десятилетие // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. Т. 18. С. 261–275.

Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1964. 230 с.

Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. 2-е изд. М.: Наука, 1987. 552 с.

Глызин А.В. Динамика радиального прироста деревьев в высокогорьях Прибайкалья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. ИЭРиЖ. Екатеринбург, 1994. 16 с.

Говоренков Б.Ф. Круговорот элементов между растительностью и почвой в сосняке и лиственничнике на Карельском перешейке // География, генезис и плодородие почв: Сб. трудов Центр. музея почвоведения им. В.В. Докучаева. Л., 1972. Вып. 5. С. 103–130.

Голованов Л.В. Планета как «космический механизм» // Кибернетика и ноосфера. М.: Наука, 1986. С. 51–59.

Головенко С.В., Герасимова М.И., Лазукова Г.Г., Шуйцев Ю.К. Об оценке лесорастительных возможностей ландшафтов Валдая для прогнозирования продуктивности лесной растительности // Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1981. Вып. 5. С. 160–193.

Головенко С.В., Лазукова Г.Г., Шуйцев Ю.К. Уровни продуктивности коренных сообществ северной части Валдайской возвышенности // Почвы и продуктивность растительных сообществ. Вып. 3. М.: Изд-во МГУ, 1976. С. 73–96.

Голуб А.А. Углеродный рынок после Монреальской встречи: Зачем Россия должна создавать «схему зеленых инвестиций»? // На пути к устойчивому развитию, 2005. № 32. С. 28–30.

Голубець М.А., Одинак Я.П., Шевчук А.І., Ямковий В.Т. Накопичення фітомаси та біотичний кругообіг у букових і ялинових лісостанах Бескид (Українські Карпати) // Укр. ботан. журн., 1988. Т. 45, № 6. С. 14–19 (укр.).

Голубец М.А., Половников Л.И. Общие закономерности накопления фитомассы в еловых лесах // Біологічна продуктивність смерекових лісів Карпат. Київ: Наук. думка, 1975. С. 4–68 (укр.).

Голубятников Л.Л., Денисенко Е.А. Отклик первичной биологической продукции растительности Европейской России на изменения климата // Изв. РАН. Сер. географ., 2001. № 6. С. 42–50.

Горбатенко В.М. Биологическая продуктивность сосновых фитоценозов в связи с климатическими условиями районов их произрастания: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. ИЛиД. Красноярск, 1970. 29 с.

Горбатенко В.М., Протопопов В.В. О точности учета фитомассы крон и хвои сосновых древостоев // Лесн. хоз-во, 1971. № 4. С. 39–41.

Горев Г.И. Лесоклиматические ресурсы // Современное лесоустройство и таксация леса. М.: ВНИИЛМ, 1974. Вып. 4. С. 270–284.

Горобец А.И. Продуктивность и хозяйственное значение надземной фитомассы некоторых видов ивы Воронежской области // Проблемы рационального использования, воспроизводства и экологического мониторинга лесов: Информ. мат-лы. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 40–42.

Горобец А.И. Биологическая продуктивность и хозяйственное значение некоторых видов ив ЦЧР: Автореф. дис. ... к. с.-х. наук. ВЛТИ. Воронеж, 1992. 18 с.

Электронный архив УГЛТУ

Горстко А.Б., Эпштейн Л.В. Имитационная система «Азовское море» – инструмент анализа и прогнозирования // Математическое моделирование водных экологических систем. Иркутск: Иркутск. ун-т, 1978. С. 47–58.

Гортинский Г.Б., Карпов В.Г. Основные понятия и принципы определения первичной продукции // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л.: Наука, 1973. С. 90–92.

Горчаковский П.Л. Лесная растительность подгольцового пояса Урала // Сб. трудов по лесному хозяйству. Свердловск: УЛТИ, 1954. Вып. 2. С. 15–65.

Горчаковский П.Л. Растительность горных тундр Урала // Зап. Урал. отд. Географич. об-ва СССР. Свердловск, 1955. Вып. 2. С. 158.

Горчаковский П.Л. О соотношении между горизонтальной зональностью и вертикальной поясностью растительного покрова на примере Урала и прилегающих равнин // География и динамика растительного покрова. Свердловск: Ин-т биологии УФАН СССР, 1965. Вып. 42. С. 3–33.

Горчаковский П.Л. Флора и растительность высокогорий Урала // Тр. Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР. Свердловск, 1966. Вып. 48. С. 270.

Горчаковский П.Л. Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975. 283 с.

Горчаковский П.Л. Развитие представлений о зонально-поясной структуре растительного покрова Урала // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. Вып. 27. С. 3–8.

Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Физиономическая и экологическая дифференциация верхней границы леса на Северном Урале // Зап. Свердловского отд. Всесоюзного ботан. об-ва. Свердловск, 1970. Вып. 5. С. 14–33.

Грачев В.А., Бородкина И.В., Волкова И.И. Киото-Марракеш-Монреаль и далее со всеми остановками: путь России? // НЭП-XXI век (наука, экономика, промышленность), 2006. Спец. выпуск. С. 6–11.

Гребенщиков О.С. Геоботанический словарь. М.: Наука, 1965. 226 с.

Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. 360 с.

Грешилова Н.В. Моделирование географической изменчивости фитомассы и годичной продукции лесов Енисейского меридиана: Дис. ... канд. биол. наук. Ин-т леса СО РАН. Красноярск, 2004. 175 с. (Фонды ИЛ СО РАН).

Грибанов Л.Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана. М.: Гослесбумиздат, 1960. 155 с.

Грибанов Л.Н., Лагов И.А., Чабан П.С. Леса Казахстана. Т. 5 // Леса СССР. М.: Наука, 1970. С. 5–76.

Грохлина Ю. Истощение Земли // Газета «Взгляд» от 28 октября 2006 г. (http://www.vz.ru/top/).

Гузь М.М. Закономірності формування кореневих систем лісоутворюючих порід України (Закономерности формирования корневых систем лесообразующих пород Украины): Автореф. дис. ... докт. с.-г. наук. Львів: Український державний лісотехнічний університет, 1996. 39 с. (укр.).

Гулисашвили В.З. Лесостепь и степи Восточного Закавказья и взаимоотношение между древесной и травянистой растительностью в них // Изв. ВГО, 1948. Т. 80, № 2. С. 127–140.

Гулисашвили В.З. Особенности роста древесных растений у верхнего и нижнего пределов распространения // Лесоведение, 1976. № 3. С. 37–43.

Гульбе Л. О периодической деятельности камбия в корнях наших деревьев // Ежегодник Санкт-Петербургского лесного института, 1888. Вып. 3.

Гульбе Т.А., Гульбе Я.И., Рождественский С.Г. Биологическая продуктивность и вертикальная структура фитомассы в культурах ели // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. М.: Наука. 1986. С. 138–149.

Дальман Р. Корневая продукция и углеродный обмен в системе корни–почва в экосистеме высокозлаковых прерий // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междунар. симп. Л.: Наука, 1968. С. 42–53.

Данилов Н.И. Энергосбережение – религия XXI века. Екатеринбург: НП «Институт энергоэффективных технологий», 2006. 63 с.

Данилов-Данильян В.И. Глобальная экология и Киотский протокол // Вестн. УрО РАН. Екатринбург, 2006. № 2(16). С. 153–166.

Данченко А.М., Данченко М.А. Эколого-биологические термины в лесном хозяйстве: Словарь-справочник. Т. 3. Томск: ТГУ, 2005. 520 с.

Электронный архив УГЛТУ

Деева Н.М. Запасы фитомассы лесных сообществ северо-западной части плато Путорана // Ботан. журн., 1985. Т. 70, № 1. С. 54–58.

Деева Н.М. Структура растительной массы лесных фитоценозов северо-западной части плато Путорана // Ботан. журн., 1987. Т. 72, № 4. С. 505–511.

Демежко Д.Ю. Почему меняется климат? // Наука Урала, 2003. № 25. С. 4–5.

Демежко Д.Ю., Голованова И.В., Щапов В.А., Рывкин Д.Г. Исследование климатических изменений, происходивших на Урале за последнее тысячелетие, в свете проблемы глобального потепления // Региональный конкурс РФФИ «Урал», Свердловская область. Екатеринбург: Региональный научно-техн. центр УрО РАН, 2003. С. 401–407.

Диксон У. Отбраковка сомнительных наблюдений // Введение в теорию порядковых статистик. М.: Статистика, 1970. С. 274–307.

Димитров Е., Кръстанов К., Шиков К. Закономерности в изменението на надземната биомаса на дърветата в бялборовите култури // Горскостопанска наука, 1986. Т. 23, № 6. С. 44–50 (болг.).

Димитров Е., Шиков К., Беляков П. Растежни таблици за биомасата на бялборови култури // Горскостопанска наука, 1987. Т. 24, № 3. С. 19–24 (болг.).

Доев С.К. О продуктивности ельников Южного Приморья в зависимости от высоты над уровнем моря // Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: СибТИ, 1973. Вып. 2. С. 36–41.

Докучаев В.В. Место и роль современного почвоведения в науке и жизни // Ежегодник по геологии и минералогии России. СПб., 1899. Вып. 3. С. 4–16.

Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.

Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Кн. 1. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.; 1987. Кн. 2. 351 с.

Дубровский Ю.В., Петрусенко А.А. О разграничении понятий консумент и редуцент // Биогеоценологические исследования на Украине (тез. докл.). Львов: Ин-т ботаники, 1984. С. 8–9.

Дугаржав Ч. Лиственничные леса Монголии (современное состояние и воспроизводство): Автореф. дис. ... докт. с.-х. н. Ин-т леса СО РАН. Красноярск, 1996. 59 с.

Дылис Н.В., Носова Л.М. Фитомасса лесных биогеоценозов Подмосковья. М.: Наука, 1977. 143 с.

Евдокимов И.В. Рост и продуктивность культур сосны, созданных инорайонными семенами // Экологические проблемы Севера: Межвуз. сб. науч. тр. Архангельск, 2005. Вып. 8. С. 62–64.

Еник Я. Иллюстрированная энциклопедия лесов. Прага: Артия, 1989. 431 с.

Ефимова Н.А. Радиационные факторы продуктивности растительного покрова. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 216 с.

Ефимович Е.А., Никитин К.Е. Выход пихтовой лапки в лесах Алтая Казахстана и производство пихтового масла // Труды по лесному опытному делу (отчет). Семипалатинск: Казахская лесная опытная станция ВАСХНИЛ–ВНИЛАМИ, 1934. 77 с.

Жилкин Б.Д., Григорьев В.П., Рожков Л.Н. Исследование биологического круговорота азота и зольных элементов в еловых фитоценозах с междурядной культурой люпина // Лесоведение и лесное хоз-во . Минск, 1971. Вып. 4. С. 13–21.

Журавлева В.Л. Продуктивность сосновых лесов Прииртышья // Биологическая продуктивность растительности Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1974. С. 214–233.

Журавский А.В. Полярные окраины в новом освещении: Новые биогеографические формулы и проблемы // Изв. Императ. русск. географ. об-ва, 1915. Т. 51, № 4. С. 237–245.

Забоева И.В., Русанова Г.В., Слобода А.В. Биопродуктивность ельников-зеленомошников средней и северной тайги Коми АССР // Растительн. ресурсы, 1973. Т. 9, вып. 1. С. 100–106.

Завалишин А.А. Почвы Кузнецкой лесостепи // Тр. СОПС Академии наук. Сер. сибир., 1936. Т. 20. С. 165.

Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня: Сб. переводных статей. М.: Знание, 1974. С. 5–49.

Залесов С.В., Лобанов А.Н., Луганский Н.А. Рост и производительность сосняков искусственного и естественного происхождения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. 112 с.

Залиханов М.Ч., Лосев К.С., Шелехов А.М. Естественные экосистемы – важнейший природный ресурс человечества // Вестн. РАН, 2006. Т. 76, № 7. С. 612–614.

Электронный архив УГЛТУ

Замолодчиков Д.Г. Баланс углерода в тундровых и лесных экосистемах России: Дис. в форме научн. докл. докт. биол. наук. М.: МГУ, 2003. 56 с.

Замолодчиков Д.Г., Коровин Г.Н., Уткин А.И. и др. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005а. 200 с.

Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Система конверсионных отношений для расчета чистой первичной продукции лесных экосистем по запасам насаждений // Лесоведение, 2000. № 6. С. 54–63.

Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Конверсионные коэффициенты *фитомасса/запас* в связи с дендрометрическими показателями и составом древостоев // Лесоведение, 2005б. № 6. С. 73–81.

Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В. Показатели конверсии запасов насаждений в первичную продукцию для основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство, 2003. № 1(32). С. 128–130.

Зинченко В.Ф. Исследование способов учета запасов и кормовой ценности фитомассы крон осинников и березняков Ленинградской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. БТИ. Брянск, 1986. 21 с.

Золотокрылин А.Н., Носова Л.М. Связь вертикальной дифференциации микроклиматических условий со стратификацией фитомассы лесных биогеоценозов // Лесоведение, 1974. № 4. С. 24–32.

Зубенок Л.И. Испарение на континентах. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 264 с.

Зябченко С.С., Иванчиков А.А. Зональные особенности формирования сосняков черничных Карелии и Кольского полуострова и динамика структуры растительной массы в них // Формирование и продуктивность сосновых насаждений Карельской АССР и Мурманской области. Петрозаводск: Ин-т леса КФ АН СССР, 1978. С. 30–75.

Иванов Л.А. Об анатомическом строении корневых окончаний у сосны // Изв. Лесного ин-та. Санкт-Петербург, 1916. Вып. 30.

Иванов Л.А. К вопросу о взаимодействии листьев и корней у многолетних растений // Докл. АН СССР, 1953а. Т. 88, № 3. С. 567–570.

Иванов Л.А. О сосущем аппарате корня древесных пород Советского Союза // Докл. АН СССР. Т. XCIII, № 4. 1953б. С. 713–716.

Иванчиков А.А. Фитомасса сосняков Карелии и ее изменение с возрастом древостоев // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1974. С. 37–51.

Иванчиков А.А., Зябченко С.С. Биологическая и хозяйственная продуктивность спелых сосняков Карельской АССР и Мурманской области // Биологическая и хозяйственная продуктивность лесных фитоценозов Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1977. С. 21–43.

Игнатенко И.В., Кнорре А.В., Ловелиус Н.В., Норин Б.Н. Запасы фитомассы в типичных растительных сообществах лесного массива «Ары-Мас» // Экология, 1973а. № 3. С. 36–43.

Игнатенко И.В., Норин Б.Н., Рахманина А.Т. Круговорот зольных элементов и азота в некоторых биогеоценозах восточноевропейской лесотундры // Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан: ДВНЦ АН СССР, 1973б. С. 335–350.

Изменение климата, 2001 г. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в подготовку 3-го доклада об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Ред. Р.Т. Уотсон. Женева: ВМО ЮНЕП, 2003. 220 с.

Ильюшенко А.Ф. Изменение листовой поверхности березовых древостоев в зависимости от возраста // Лесоведение, 1968. № 6. С. 65–67.

Ильяшенко М.С. Продуктивность белоберезников Зейского заповедника // Природоохранные комплексы Дальнего Востока: Типологические особенности и природоохранные режимы. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 167.

Исаев А.С., Коровин Г.Н. Депонирование углерода в лесах России // Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. Углерод в биогеоценозах. М.: ЦЭПЛ, 1997. Вып. 15. С. 59–98.

Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И. и др. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России // Лесоведение, 1993. № 5. С. 3–10.

Исмиханова А.А. Биологическая продуктивность лесов железного дерева в Талыше // Биологическая продуктивность почв и ее увеличение в интересах народного хозяйства. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 68–69.

Итоги XI Всемирного лесного конгресса. М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. 128 с.

Электронный архив УГЛТУ

Йонов Н. Структура на надземната фитомаса и на дървесната зеленина в млади култури от зелена дугласка (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) // Наука за гората, 1992. Т. 29, № 2. С. 62–70 (болг.).

Казахстан / Под ред. акад. И.П. Герасимова. М.: Наука, 1969. 482 с.

Казимиров Н.И. Методические положения изучения и моделирования лесных экологических систем // Математическое моделирование в биогеоценологии: Тез. докл. Петрозаводск, 1985. С. 4–7.

Казимиров Н.И. Проблемы и методические подходы в моделировании лесных биогеоценозов // Моделирование лесных биогеоценозов. Петрозаводск: Ин-т биологии КФ АН СССР, 1986. С. 5-12.

Казимиров Н.И., Волков А.Д., Зябченко С.С. и др. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера. Л.: Наука, 1977. 304 с.

Казимиров Н.И., Морозова Р.М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 175 с.

Казимиров Н.И., Морозова Р.М., Куликова В.К. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги. Л.: Наука, 1978. 216 с.

Кайрюкштис Л.А. Научные основы формирования высокопродуктивных еловолиственных насаждений. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 208 с.

Калинин М.И. Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса. Львов: Вища школа, 1975. 175 с.

Калинин М.И. Моделирование лесных насаждений: Биометрия и стереометрия. Львов: Вища школа, 1978. 206 с.

Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 152 с.

Калінін М.І., Гузь М.М., Дебринюк Ю.М. Лісове коренезнавство: Підручник (Лесное корневедение. Справочник). Львів: ІЗМН, 1998. 336 с. (укр.).

Каменецкая И.В. Фитомасса и годичный прирост сосны (*Pinus sylvestris* L.) в тридцатилетних сосняках южной тайги // Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев. М.: Наука, 1970. С. 62–83.

Каменецкая И.В. Изменение массы и морфологии хвои разных возрастов в кронах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по годам в разных типах леса // Продуктивность и структура растительности молодых сосняков. М.: Наука, 1973. С. 63–86.

Капустинскайте Т.К. Биометрические изменения сосняков багульниковых под влиянием осушения // Лесоведение, 1976. № 3. С. 20–30.

Карасева М.А. Лиственница сибирская в Среднем Поволжье. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. 376 с.

Карелин Д.В., Замолодчиков Д.Г., Гильманов Т.Г. Запасы и продукция углерода в фитомассе тундровых и лесотундровых экосистем России // Лесоведение, 1995. № 5. С. 29–36.

Каризуми Н. Определение биомассы корней в лесах путем отбора проб из почвенных блоков // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междунар. симп. Л.: Наука, 1968. С. 79–86.

Карманова И.В., Судницына Т.Н., Ильина Н.А. Пространственная структура сложных ельников. М.: Наука, 1987. 201 с.

Касесалу Х.П. Взаимоотношение между лесной растительностью и почвой в сухих борах Эстонской ССР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тарту, 1972.

Качинский Н.А. Корневая система растений в почвах подзолистого типа // Труды Московской областной опытной с.-х. станции. 1925. Вып. 7.

Кеппен Ф.Т. Географическое распространение хвойных деревьев в европейской России и на Кавказе // Зап. Императорской Академии наук. СПб., 1885. Т. 50, № 4 (приложение). 634 с.

Кира Т., Огава Х. Косвенный метод оценки прироста биомассы корней у деревьев // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междунар. симп. Л.: Наука, 1968. С. 97–103.

Кнорре А.В. Надземная фитомасса лиственничников в основных сообществах лесного массива «Ары-Мас» // Тр. Государственного заповедника «Столбы». Красноярск, 1977. Вып. 11. С. 91–100.

Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 248 с.

Кобак К.И., Кондрашева Н.Ю. Изменения локализации природных зон при глобальном потеплении // Экология, 1992. № 3. С. 9–18.

Электронный архив УГЛТУ

Кобак К.И., Яценко-Хмелевский А.А., Кондрашова Н.И. Баланс углекислого газа в высоко- и малопродуктивных растительных сообществах // Проблемы атмосферного углекислого газа. Л., 1980. С. 252–264.

Кожевников А.М., Ефименко В.М., Решетников В.Ф. Ход роста полных сосновых культур Белоруссии; Ход роста максимально продуктивных сосновых культур БССР; Ход роста надземной фитомассы полных сосновых культур; Ход роста надземной фитомассы максимально продуктивных сосновых культур // Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР. М.: Госкомлес, 1984. С. 179–182, 187–194.

Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л.: Наука, 1978. 172 с.

Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. 176 с.

Колесников В.А. Вопросы отмирания в корневых системах древесных пород (плодовых) // Научно-агрономический журнал. 1924. № 11. С. 684–694.

Колесников В.А. Корневая система плодовых и ягодных растений и методы ее изучения. М.: Сельхозиздат, 1962. 192 с.

Колесников В.А. Циклическая смена корней плодовых и ягодных растений // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междунар. симп. Л.: Наука, 1968. С. 103–107.

Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1972. 152 с.

Колищук В.Г. Верхняя граница леса в украинских Карпатах, ее современное состояние и динамика: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. УкрСХА. Киев, 1960.

Колищук В.Г. О продуктивности древесных ценозов в крайних климатических условиях на примере криволесья горной сосны в Карпатах // Лесоведение, 1968. № 4. С. 28–38.

Колодченко Н.А. Продуктивность березняков Северного Казахстана // Биологическая продуктивность растительности Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1974. С. 178–213.

Коломыц Э.Г. Опыт теоретико-множественного моделирования высокогорных экосистем // Тр. ВГИ. Л., 1984. Вып. 58. С. 65–69.

Коломыц Э.Г. Экотон как объект физико-географического исследования // Изв. АН СССР. Сер. географ., 1988. № 5. С. 24–36.

Коломыц Э.Г., Юнина В.П., Сидоренко М.В., Воротников В.П. Экосистемы хвойного леса на зональной границе: Организация, устойчивость, антропогенная динамика. Нижний Новгород: Ин-т экологии Волжского бассейна РАН, 1993. 347 с.

Колосов И.И. Установление поглощающей зоны корней и роли корневых волосков в поглощении веществ // Сов. агрономия, 1939. № 5. С. 43–48.

Колосов И.И. Поглотительная деятельность корневых систем растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 388 с.

Колтунова А.И., Усольцев В.А., Балицкий М.И. и др. Фитомасса лесных культур в пойме р. Урал (Оренбургская область) // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. Вып. 27. С. 215–217.

Комендар В.И. Приполонинские леса и стланники Украинских Карпат, их трансгенез, структурно-генетические связи с высокогорьем системы Карпат, Альп и Балкан: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Киев, 1970.

Комендар В.И. Форпосты горных лесов. Ужгород: Карпаты, 1966. 205 с.

Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной климатологии // Изв. РГО, 2004. Т. 136, вып. 2. С. 1–25.

Кондратьев К.Я., Лосев К.С. Иллюзии и реальность стратегии устойчивого развития // Вестн. РАН, 2002. Т. 72, № 7. С. 592–601.

Кондратьев К.Я., Лосев К.С., Ананичева М.Д., Чеснокова И.В. Баланс углерода в мире и в России // Изв. РАН. Сер. географ., 2002. № 4. С. 7–17.

Кондратьев К.Я., Лосев К.С., Ананичева М.Д., Чеснокова И.В. Естественно-научные основы устойчивости жизни. М.: ЦС АГО, 2003. 239 с.

Константинов Б.П., Кочаров Г.Е. Астрофизические явления и радиоуглерод // Докл. АН СССР, 1965. Т. 165, № 1. С. 63–64.

Копосов Г.Ф. Структура фитомассы осинового фитоценоза юго-западного Забайкалья // Изв. СО АН СССР. Сер. биол., 1975. Вып. 1, № 5. С. 30–35.

Корепанов С.А., Насимов Р.Н. Влияние осушения и удобрения на фитомассу сосняков // Лесоэкологические проблемы Поволжья: Сб. науч. тр. Нижний Новгород, 2003. С. 170–171.

Электронный архив УГЛТУ

Коржинский С.И. Северная граница черноземной области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношениях // Тр. Общества естествоиспытателей Казанского ун-та, 1888. Т. 18, № 5. 253 с. (ч. 1); 1891. Т. 22, № 6. 201 с. (ч. 2).

Коровин Г.Н., Гитарский М.Л., Исаев А.С. и др. О роли лесного сектора в смягчении изменения климата // Лесное хоз-во, 2006. № 4. С. 11–13.

Коротаев А.А. Формирование корневых систем сосны и лиственницы в различных почвенных условиях // Лесоведение, 1991. № 4. С. 54–63.

Коротков И.А. Закономерности распределения лесов в Монгольской Народной Республике (География и типология) // Леса Монгольской народной республики. М.: Наука, 1978. Т. 11. С. 36–46.

Костов К.Д., Брошгилова М., Брошгилов К. Надземная фитомасса чистых и смешанных культур акации белой (*Robinia pseudoacacia* L.) в районе Бяла Слатина // Наука за гората, 1992. Т. 29, № 4. С. 13–23 (болг.).

Кофман Г.Б. Рост и форма деревьев. Новосибирск: Наука, 1986. 211с.

Кофман Г.Б., Кузьмичев В.В. Видоспецифичность естественного изреживания древостоев // Формирование эталонных насаждений. Ч. 1. Каунас, Гирионис: ЛитНИИЛХ, 1979. С. 99–101.

Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1983. 464 с.

Крашенинников И.М. Анализ реликтовой флоры Южного Урала в связи с историей растительности и палеогеографией плейстоцена // Сов. ботан., 1937. № 4. С. 16–45.

Крепкий И.С. Корневые системы сосны в лесных культурах бора «Аман-Карагай» Кустанайской области // Лесные экосистемы в условиях континентального климата. Красноярск, 1987. С. 105–110.

Крепкий И.С., Стихарева Т.Н. Травяная растительность в лесных культурах Аман-Карагайского бора // Вестн. с.-х. науки Казахстана. 1986. № 12. С. 67-70.

Крылов Г.В. Лесорастительное районирование Сибири // Изв. Томск. отд. Всерос. ботан. об-ва. Новосибирск, 1959. Т. 4. С. 115–149.

Крылова И.Л., Лесков Н.Д. Связь между ростом ели и высотой над уровнем моря на Северном Урале // Сборник трудов по лесному хозяйству. Свердловск, 1959. Вып. 5. С. 91–96.

Кръстанов К., Беляков П., Шиков К. Ход на растежа и продуктивност на бялборовите култури // Горскостопанска наука, 1976. Т. 13, № 4. С. 39–50 (болг.).

Крючков В.В. О возможности облесения Кольской тундры // Вестн. МГУ, 1963а. № 1. С. 61–66.

Крючков В.В. О возможности облесения южных кустарничковых тундр // Проблемы Севера: Природа. М.: Изд-во АН СССР, 1963б. Вып. 7. С. 90–105.

Кулагина М.А. Биологическая продуктивность и круговорот микроэлементов // Продуктивность сосновых лесов. М.: Наука, 1978. С. 90–178.

Курбанов Э.А. Бюджет углерода сосновых экосистем Волго-Вятского района. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. 290 с.

Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.

Курсанов А.Л. Физиология растений и ее роль в развитии растениеводства // Природа, 1954. № 7. С. 21–34.

Курсанов А.Л. Усвоение растениями углекислоты через корневую систему // Тр. Ин-та физиологии растений им. К. А. Тимирязева. М., 1955. Т. 10. С. 150–155.

Кучко А.А. Продуктивность надземной фитомассы в березняках Хибинских гор // Лесоведение, 1975. № 1. С. 37–41.

Кучко А.А. Изменение запасов и структуры органического вещества в средневозрастных березняках в зависимости от географической широты // Биологическая и хозяйственная продуктивность лесных фитоценозов Карелии. Петрозаводск: Ин-т леса КФ АН СССР, 1977. С. 64–71.

Кылли Р., Кяхрик Р. Фитомасса и ее прирост в лесах землянично-печеночницевого типа // Сб. науч. тр. Эстонской с.-х. академии. Вып. 65. Тарту, 1970. С. 69–91.

Кьеза Дж. Война империй: Восток – Запад. Раздел сфер влияния. М.: Эксмо, 2006. 320 с.

Лавренко Е.М. Степи СССР // Растительность СССР. Т. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 1–265.

Лавренко Е.М., Андреев В.Н., Леонтьев В.Л. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням // Ботан. журн., 1955. Т. 40, № 3. С. 415–419.

Электронный архив УГЛТУ

Лакида П.І. Фітомаса лісів України (Фитомасса лесов Украины). Тернопіль: Національний аграрний університет Украины, 2002. 254 с. (укр.).

Лахтанова Л.И. Сезонный рост физиологически активных корней у сосны и люпина // Лесоведение и лесное хоз-во. Минск, 1971. Вып. 4. С. 43–47.

Лащинский Н.Н. Структура и динамика сосновых лесов Нижнего Приангарья. Новосибирск: Наука, 1981. 272 с.

Лебков В.Ф., Каплина Н.Ф. Оценка годичного прироста фитомассы и углерода в сосняках европейской части России // Б.П. Колесников – выдающийся отечественный лесовед и эколог: К 90-летию со дня рождения. Екатеринбург: УрГУ, 1999. С. 62.

Леви К.Г., Язев С.А., Задонина Н.В. и др. Современная геодинамика и гелиодинамика. Иркутск: Изд-во Иркутского ГТУ, 2002. Кн. 1. 182 с.

Леви К.Г., Задонина Н.В., Бердникова Н.Е., Воронин В.И.и др. Современная геодинамика и гелиодинамика. Иркутск: Изд-во Иркутского ГТУ, 2003. Кн. 2. 383 с.

Ленин В.И. Философские тетради. М.: Госполитиздат, 1947. 760 с.

Леса Оренбуржья. Оренбург: Оренбургск. кн. изд-во, 2000. 244 с.

Леса России – 2005 // Российская лесная газета, 2006. № 8–10.

Лесков А.И. Верхний предел лесов в горах Западного Кавказа // Ботан. журн., 1932. Т. 17, № 2. С. 227–260.

Лесков А.И. Европейско-Сибирская кустарниковая (лесотундровая) область; Берингийская кустарниковая (лесотундровая) область // Тр. Комиссии по естественно-историческому районированию СССР. Т. 2. Вып. 2. Геоботаническое районирование СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. С. 18–24.

Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1974. 424 с.

Лобанов Н.В. Микотрофность древесных растений. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 216 с.

Ловелиус Н.В. К возможности оценки воздействия взрывов сверхновых звезд на прирост древесных пород // Ботан. журн., 1974. Т. 59, № 7. С. 992–995.

Ловелиус Н.В., Норин Б.Н., Кнорре А.В. Ритмические колебания прироста стволовой древесины лиственницы даурской на северном пределе распространения (Ары-Мас, Таймыр, 72°30' с.ш.) // Изв. ВГО, 1972. Т. 104. № 5. С. 391–393.

Лозинов Г.Л. Особенности пространственного распределения подземных частей растений в лесных биогеоценозах Подмосковья // Лесоведение, 1980. № 1. С. 58–63.

Луганская В.Д. Особенности формирования сосновых молодняков на сплошных вырубках Среднего Урала: Дис. ... канд. с.-х. наук. УЛТИ. Свердловск, 1970. 275 с. (фонды УГЛТУ).

Луганская В.Д., Луганский Н.А. Надземная биомасса сосновых молодняков на Среднем Урале // Леса Урала и хоз-во в них. Свердловск, 1970. Вып. 4. С. 69–90.

Лукина Н.В., Никонов В.В. Изменение первичной продуктивности еловых древостоев под влиянием техногенных загрязнений на Кольском Севере // Лесоведение, 1991. № 4. С. 37–45.

Лыхмус К.Н., Оя Т.А. К методике изучения подземной части древостоев // Лесоведение, 1983. № 4. С. 56–62.

Любищев А.А. Об ошибках в применении математики в биологии. I. Ошибки от недостатка осведомленности // Журн. общей биол., 1969. Т. 30, № 5. С. 572–584. II. Ошибки, связанные с избытком энтузиазма. 1969. Т. 30. № 6. С. 715–723.

Люндегорд Г. Влияние климата и почвы на жизнь растений / Пер. с нем. М.: Сельхозгиз, 1937. 387 с.

Магасумова А.Г. Лесоводственно-экономическая эффективность рубки обновления в сосняках Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. УГЛТУ. Екатеринбург, 2004. 20 с.

Макаревский М.Ф. Запасы и баланс органического углерода в лесных и болотных биогеоценозах Карелии // Экология, 1991. № 3. С. 3–10.

Макаренко А.А. Срастание корневых систем сосны в сухих борах Северного Казахстана // Агробиология, 1962. № 6. С. 623–624.

Макаренко А.А., Колтунова А.И. Моделирование роста и строения древостоев с использованием статистических зависимостей // Тр. КазНИИЛХА. Алма-Ата: Кайнар, 1980. Т. 12. С. 215–235.

Макаренко А.А., Маленко А.А. Структура фитомассы молодняков сосны ленточных боров Казахстана // Вестн. с.-х. науки Казахстана, 1984. № 6. С. 79–82.

Электронный архив УГЛТУ

Максимов Е.В., Гребенюк А.К. Изменчивость природной обстановки высокогорной зоны Зеравшанского хребта за последние 800 лет // Изв. АН СССР. Сер. географ., 1972. № 2. С. 105–108.

Маланьин А.Н. Дерново-боровые почвы островных боров Северного Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. биол., 1979. № 2. С. 73–79.

Малиновский К.А., Колищук В.Г. Биологическая продуктивность карпатского елового леса // Биологическая продуктивность ельников. Тарту: Эстон. комитет МБП, 1971. С. 119–124.

Манаков К.Н. Минеральный обмен в кустарничковой тундре северо-запада Кольского полуострова // Растит. ресурсы, 1967. Т. 3, вып. 4. С. 589–597.

Манаков К.Н. Элементы биологического круговорота на полярном Севере. Л.: Наука, 1970а. 160 с.

Манаков К.Н. Круговорот азота и зольных элементов в травяном березняке лесотундры Кольского полуострова // Лесоведение, 1970б. № 5. С. 27–36.

Манаков К.Н., Никонов В.В. Первичная биологическая продуктивность еловых лесов Кольского полуострова // Ботан. журн., 1979. Т. 64, № 2. С. 232–241.

Манаков К.Н., Никонов В.В. Биологический круговорот минеральных элементов и почвообразование в ельниках Крайнего Севера. Л.: Наука, 1981. 196 с.

Маринов М.Д., Желязков П., Шипковенски Д. и др. Структура и динамика на биомасата в представителни букови насаждения от Средна Стара планина // Горскостопанска наука. 1983. Т. 20, № 5. С. 3–17 (болг.).

Мартыненко С.Н. Депонирование углерода нагорными дубравами Воронежской области // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск: БГИТА, 2004. Вып. 8. С. 97–99.

Мартыненко С.Н. Дендрохронологические особенности депонирования углерода дубовыми насаждениями центральной лесостепи: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. ВГЛТА. Воронеж, 2005. 18 с.

Марченко А.И., Карлов Е.М. Минеральный обмен в еловых лесах северной тайги и лесотундры Архангельской области // Почвоведение, 1962. № 7. С. 52–66.

Матвеев А.В., Семериков Л.Ф. Экологические особенности лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb) на полярной границе леса // Вид и его продуктивность в ареале: Мат-лы VI совещ. СПб., 1993. С. 319–320.

Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Братилова Н.П. Рост и формирование фитомассы кедровых сосен разного географического происхождения в пригородной зоне Красноярска // Лесная таксация и лесоустройство. 2005. Вып. 1(34). С. 39–43.

Медведева В.М. Фитомасса сосновых заболоченных лесов различного возраста в подзоне средней тайги Карелии // Пути изучения и освоения болот Северо-Запада европейской части СССР. Л.: Наука, 1974. С. 99–106.

Медведева В.М. Влияние осушения на продуктивность березовых древостоев // Биологическая и хозяйственная продуктивность лесных фитоценозов Карелии. Петрозаводск: Ин-т леса КФ АН СССР, 1977. С. 71–75.

Медведева В.М. Биологическая продуктивность заболоченных лесов и болот // Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л.: Наука, 1978. С. 8–32.

Медведева В.М., Егорова Н.В. Типы заболоченных и болотных сосняков Южной Карелии и их продуктивность // Биологическая и хозяйственная продуктивность лесных фитоценозов Карелии. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1977. С. 44–58.

Медведева В.М., Егорова Н.В., Антипин В.К. Биологический круговорот азота и зольных элементов в некоторых типах заболоченных лесов и болот // Стационарное изучение заболоченных лесов и болот в связи с мелиорацией. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1977. С. 123–147.

Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междунар. симп. Л.: Наука, 1968. 240 с.

Мина В.Н. Круговорот азота и зольных элементов в дубравах лесостепи // Почвоведение, 1955. № 6. С. 32–44.

Миняев Н.А. Структура растительных ассоциаций (по материалам исследования чернично-вороничной серии ассоциаций в Хибинском горном массиве). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 261с.

Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 223 с.

Миронов Б.А., Агафонов Л.И. Лесная растительность поймы нижней Оби // Природа поймы нижней Оби: Наземные экосистемы. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. С. 92–116.

Электронный архив УГЛТУ

Мирошниченко Л.И. Солнечная активность и Земля. М.: Наука, 1981. 145 с.

Мирошниченко Ю.М. Биологическая продуктивность асс. *Haloxylon ammodendron-Carex physodes* в Восточных Каракумах // Растит. ресурсы, 1974. Т. 10, вып. 3. С. 329–337.

Мирошниченко Ю.М. Корневые системы древесных и кустарниковых растений и их экология в Восточных Каракумах // Ботан. журн., 1975. Т. 60, № 12. С. 1776–1795.

Митрофанов Д.П. Оценка продуктивности северо-таежных лесов Сибири // Продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1984. С. 95–102.

Модестов А.П. Материалы к познанию корневых систем травянистых растений // Труды селекционной станции при Московском с.-х. институте. М., 1915.

Моисеев Н.Н. Быть или не быть... человечеству? М., 1999. 288 с.

Молчанов А.А. Изменение биологических, экологических и гидрологических факторов в различных типах дубового леса // Сообщ. Ин-та леса АН СССР, 1954. Вып. 2. С. 107–157.

Молчанов А.А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. М.: Наука, 1971. 275 с.

Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 100 с.

Молчанов А.Г. Сравнение фитомассы березняка и сосняка в одинаковых лесорастительных условиях // Лесоводственные исследования в подзоне южной тайги. М.: Наука, 1977. С. 51–60.

Молчанов А.Г. Экофизиологическое изучение продуктивности древостоев. М.: Наука, 1983. 136 с.

Молчанов А.М. Критические точки биологических систем (математические модели) // Математическое моделирование в биологии. М.: Наука, 1975. С. 142–153.

Молчанов А.М. Лимитирующие факторы (по И.А. Полетаеву) и принцип Ле-Шателье // Очерки истории информатики в России. Новосибирск: Научно-изд. Центр ОИГГМ СО РАН, 1998 (file://E:\vivos_voco_1\BIO\MOLCHANOV.HTM).

Морозова Р.М. Биологический круговорот веществ в сосняках брусничных и лишайниковых // Почвы сосновых лесов Карелии. Петрозаводск: Ин-т леса КФ АН СССР, 1978. С. 85–112.

Москалюк Т.А. Запасы и структура растительной массы древостоев в основных типах лиственничников Северного Охотоморья // Лесоведение, 1980. № 2. С. 32–39.

Москалюк Т.А. Возрастное развитие и биологическая продуктивность чозениевых лесов на юге Магаданской области // Лесоведение, 1990. № 5. С. 46–56.

Мякушко В.К. Первинна біологічна продуктивність соснових лісів Українського Полісся // Укр. ботан. журн., 1972. Т. 29, № 3. С. 328–339 (укр.).

Назаров А.Г. Единство жизни и природы в творчестве В.И. Вернадского // Бюл. комиссии по разработке научного наследия академика В.И. Вернадского. М., 2003, Вып. 17. С. 45–101.

Назимова Д.И. Климатическая ординация лесных экосистем как основа их классификации // Лесоведение, 1995. № 4. С. 63–73.

Назимова Д.И., Садовничая Е.А., Чебакова Н.М. Высотная поясность и периодический закон географической зональности в горах Западного Саяна // VII делегатский съезд ВБО: Тез. докл. Л.: Наука, 1983. С. 156.

Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971. 208 с.

Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 340 с.

Науменко И.М. Текущий объемный прирост насаждений // Науч. зап. Воронежского лесохозяйственного ин-та. Воронеж, 1946. Т. 9. С. 121–148.

Нестеров В.Г. Общий очерк Бузулукского бора // Бузулукский бор. Т. 1: Общий очерк и лесные культуры. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949а. С. 5–32.

Нестеров В.Г. Основные черты процесса усыхания сосны // Бузулукский бор. Т. 1: Общий очерк и лесные культуры. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949б. С. 65–78.

Нешатаев Ю.Н., Добрецова Л.А., Самиляк С.И. Биологическая продуктивность и ее сезонная динамика в разных ярусах дубового леса // Биологическая продуктивность и ее факторы в лесостепной дубраве. Л.: ЛГУ, 1974а. С. 119–152.

Нешатаев Ю.Н., Плавников В.Г., Самиляк С.И. и др. Лесостепная дубрава «Лес на Ворскле» // Там же. 1974б. С. 7–40.

Никитин К.Е. О распределении семенных насаждений по классам бонитета // Изв. вузов. Лесн. журн., 1960. № 2. С. 166–167.

Электронный архив УГЛТУ

Никитин К.Е. Лес и математика // Лесн. хоз-во, 1965. № 5. С. 25–29.

Никонов В.В, Цветков В.Ф. Биологическая продуктивность сосновых молодняков на Кольском полуострове // Лесоведение, 1984. № 3. С. 37–41.

Нильсон А.М. Дискретные и непрерывные модели экологических явлений // Проблемы современной экологии. Тарту, 1978. С. 54–55.

Нинов Н. Постижения и задачи на изследованията в областта на биологичния кръговрат на елементите и веществата в екосистемите в България // Горскостопанска наука, 1986. Т. 23, № 2. С. 3–11 (болг.).

Норин Б.Н. Что такое лесотундра? // Ботан. журн., 1961. Т. 46, № 1. С. 21–38.

Нурпеисов Х.Н. Динамика массы корней сосновых насаждений Прииртышья // Науч. труды Казахского с.-х. ин-та, 1976. Т. 19. Вып. 3. С. 89–93.

Нурпеисов Х.Н. Закономерности накопления фитомассы в сосновых насаждениях Прииртышья и методы ее учета по элементам: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. КазСХИ. Алма-Ата, 1986. 21 с.

Овингтон Дж.Д., Маррей Г. Сезонная периодичность роста корневой системы березы // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междун. симп. Л.: Наука, 1968. С. 135–143.

Одинак Я.П., Борсук Д.В. Вертикально-фракційний розподіл надземної фітомаси букового біогеоценозу // Укр. ботан. журн., 1977. Т. 34, № 4. С. 408–414 (укр.).

Одинак Я.П., Борсук Д.В. Структура и продуктивность буковых лесов // Биогеоценотический покров Бескид и его динамические тенденции. Киев: Наук. думка, 1983. С. 20–103.

Одинак Я.П., Борсук Д.В., Гранатырь В.Ф. и др. Первичная продуктивность буково-пихтовых фитоценозов Бескид // Лесн. хоз-во, лесная, бумажная и деревообраб. пром-сть. Киев: Будивельник, 1986. Вып. 17. С. 13–15.

Одум Юдж. Основы экологии / Пер. 3-го англ. изд. М.: Мир, 1975. 740 с.

Окаменелый лес в Портланде // Лесной журн., 1847. № 23. С. 183–184.

Онучин А.А., Борисов А.Н. Опыт таксации фитомассы сосновых древостоев // Лесоведение, 1984. № 6. С. 66–71.

Опритова С.В., Глаголев В.А., Розенберг В.А. О возможности определения надземной фитомассы лесов по материалам лесоустройства // Биогеоценологические исследования в лесах Южного Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 71–83.

Орлов А.Я. К методике количественного определения сосущих корней древесных пород в почве // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1955. Т. 60, вып. 3. С. 93–102.

Орлов А.Я. Наблюдения над сосущими корнями ели (*Picea excelsa* Link) в естественных условиях // Ботан. журн., 1957. Т. 42, № 8. С. 1172–1181.

Орлов А.Я. Метод определения массы корней деревьев в лесу и возможности учета годичного прироста органической массы в толще лесной почвы // Лесоведение, 1967. № 1. С. 64–70.

Орлов М.М. Лесная вспомогательная книжка для таксации и технических расчетов. М.: Гостехиздат, 1928. 760 с.

Остапенко Б.Ф., Андрущенко А.П. Фитомасса свежей сосновой субори южной левобережной лесостепи УССР // Науч. тр. Харьковского СХИ, 1980. Т. 271. С. 3–9.

Оськина Н.В., Беспалов В.П. Биологическая продуктивность белотополевников в пойме р. Урал // Лесоведение, 1992. № 6. С. 39–47.

Панченко Т.М. Продуктивность кедрового стланика в фитоценозах юга Магаданской области // Ботан. журн., 1985. Т. 70, № 1. С. 67–76.

Паршев А.П. Почему Россия не Америка. М.: АСТ; Астрель, 2006. 350 с.

Паршевников А.Л. Круговорот азота и зольных элементов в связи со сменой пород в лесах средней тайги // Тр. Ин-та леса и древ. АН СССР. Красноярск, 1962. Т. 52. С. 196–209.

Пастернак П.С., Чернявский Н.В. Биологическая продуктивность буково-пихтово-еловых молодняков // Лесоводство и агролесомелиорация. Вып. 49: Лесоведение и лесоводство. Киев: Урожай, 1977. С. 27–33.

Пастухова А.М. Изменчивость кедра сибирского по урожайности и структуре фитомассы в плантационных культурах пригородной зоны Красноярска: Дис. ... канд. с.-х. наук. СибГТУ. Красноярск, 2003. 261 с. (фонды СибГТУ).

Паутова В.Н. Надземная масса и транспирация растений некоторых сообществ в зоне тундролесья // Тр. Лимнологич. ин-та СО АН СССР. Красноярск, 1976. Т. 22(42). С. 92–128.

Электронный архив УГЛТУ

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. 2-е изд. М.: Высш. шк., 1975. 341 с.

Петелина О.А. Запасы углерода в фитомассе естественных сосняков Северной Евразии и их географический анализ: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. УГЛТУ. Екатеринбург, 2004. 22 с.

Петров С.А. Сосна островных боров Северного Казахстана // Ботан. журн., 1961. Т. 46. С. 1811–1814.

Писаренко А.И., Страхов В.В. О некоторых современных задачах лесного сектора России // Лесное хоз-во, 2006. №. 4. С. 5–7.

Плешиков Ф.И., Каплунов В.Я., Токмаков С.В. и др. Структура фитомассы и годичная продукция северных лесов // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. С. 73–83.

Погребняк П.С., Редько Г. І. Особливості обміну речовин в екосистемах з інтенсивним і замкнутим кругообігом // Дослідження обміну речовин в екосистемах рівнинної частини України. Київ: Наук. думка, 1972. С. 24–54 (укр.).

Поздняков Л.К. Гидроклиматический режим лиственничных лесов Центральной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 146 с.

Поздняков Л.К. Элементы биологической продуктивности светлохвойных лесов Якутии // Лесоведение, 1967. № 6. С. 36–42.

Поздняков Л.К. Продуктивность лесов Сибири // Ресурсы биосферы: Итоги советских исследований по МБП. Л.: Наука, 1975. Вып. 1. С. 43–55.

Поздняков Л.К., Протопопов В.В., Горбатенко В.М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. Красноярск: Кн. изд-во, 1969. 120 с.

Поликарпов Н.П. Формирование сосновых молодняков на концентрированных вырубках. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 171 с.

Половніков Л.І. Про біологічну продуктивність деяких асоціацій високогірних смеречин Чорногори // Укр. ботан. журн., 1968. Т. 25, № 6. С. 81–85 (укр.).

Половніков Л.І. Вікова динаміка складників біологічної продуктивності фітомаси ялинових ценозів Чорногори // Укр. ботан. журн., 1970. Т. 27, № 5. С. 619–624 (укр.).

Полозова Л.Г. О характеристике континентальности климата // Изв. ВГО, 1954. Т. 86, № 5. С. 412–422.

Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976а. 159 с.

Полубояринов О.И. Квалиметрия древесного сырья в процессе лесовыращивания: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. ЛЛТА. Л., 1976б. 46 с.

Полынов Б.Б. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 751 с.

Полякова Н.Ф. Соотношения между массой листвы, приростом древесины и транспирацией // Докл. АН СССР, 1954. Т. 96, № 6. С. 1261–1263.

Полякова-Минченко Н.Ф. Облиственне широколиственных насаждений степной зоны // Сообщ. Лаборатории лесоведения АН СССР. М., 1961. Вып. 4. С. 40–53.

Попов Т.И. Происхождение и развитие осиновых кустов в пределах Воронежской губернии (геоботанический очерк) // Лесной журн., 1916. Вып. 6. С. 780–784 (реф. Г. Поплавской).

Пристова Т.А. Биологический круговорот веществ во вторичном лиственно-хвойном насаждении средней тайги // Экология, 2007 (в печати).

Программа и методика биогеоценологических исследований / Под ред. Н.В. Дылиса. М.: Наука, 1974. 403 с.

Программа-минимум по определению первичной биологической продуктивности наземных растительных сообществ (проект) // Растит. ресурсы, 1967. Т. 3, вып. 4. С. 612–620.

Прозоровский Н.А., Самойлова Е.М. Растительность и биологическая продуктивность основных растительных сообществ Тамбовского стационара // Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1972. Вып. 1. С. 178–198.

Протопопов В.В., Грибов А.И. Элементы первичной продуктивности и биометрические показатели березовых древостоев Западного Саяна // Лесоведение, 1971. № 1. С. 32–36.

Прохоров А.И., Крепкий И.С., Усольцев В.А., Прохоров Ю.А. Перспективы создания лесных культур сосны обыкновенной в условиях Северного Казахстана // Лесн. хоз-во, 1985. № 10. С. 42–44.

Прохоров Ю.А. Продуктивность и элементы биологического круговорота в естественных и культурных фитоценозах островных боров степной зоны Казахстана: Дис. ... канд. с.-х. наук. КазНИИЛХ. Щучинск, 1985. 218 с. (фонды УГЛТУ).

Прохоров Ю.А., Горчаковский П.Л. Прирост фитомассы сосняков // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1986. № 4. С. 70–72.

Электронный архив УГЛТУ

Прохорова А.Я. Некоторые итоги изучения биологического круговорота в сосняке чернично-сфагновом // Изучение природы лесов Сибири. Красноярск: ИЛиД, 1972. С. 30–36.

Пряжников А.А., Уткин А.И. Лиственничные леса и редколесья российской Субарктики // Экология таежных лесов: Тез. докл. междун. конф. Сыктывкар, 1998. С. 93–95.

Пузаченко Ю.Г., Скулкин В.С. Структура растительности лесной зоны СССР: Системный анализ. М.: Наука, 1981. 275 с.

Пьявченко Н.И. Биологическая продуктивность и круговорот веществ в болотных лесах Западной Сибири // Лесоведение, 1967. № 3. С. 32–43.

Пядышев Н.П. Встречи за Полярным кругом // Природа, 1964. № 9. С. 97–99.

Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938. 620 с.

Раменский Л.Г. Прямые и комбинированные методы количественного учета растительного покрова // Естественные кормовые угодья СССР: Очерки по теории фитоценоза и методике его изучения. М., 1966.

Рахманов И.В., Шевченко И.Г., Фастовец А.А., Нагимов З.Я. Структура фитомассы еловых древостоев в экотоне верхней границы леса в связи с глобальным потеплением климата (горный массив Иремель, Южный Урал) // Материалы II Всероссийской научно-технич. конф. студентов и аспирантов. Ч. 2. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. С. 74–75.

Рахтеенко И.Н. О продолжительности жизни активных корней древесных пород // Сб. научных работ Белорусского отд. ВБО. Минск, 1959. Вып. 1. С. 130–137.

Рахтеенко И.Н. Сезонный цикл роста активных корней древесных пород // Лесное хоз-во, 1960. № 9. С. 25–26.

Рахтеенко И.Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск: Изд-во АН БССР, 1963. 254 с.

Рахтеенко И.Н., Якушев Б.И. Комплексный метод исследования корневых систем растений // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междун. симп. Л.: Наука, 1968. С. 174–178.

Ремезов Н.П., Быкова Л.Н. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в осинниках // Почвоведение, 1953. № 8. С. 28–41.

Ремезов Н.П., Быкова Л.Н., Смирнова К.М. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ, 1959. 284 с.

Ричардсон С.Д. Изучение развития корней в контролируемой среде // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междун. симп. Л.: Наука, 1968. С. 178–186.

Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.; Л.: Наука, 1965а. 253 с.

Родин Л.Е., Базилевич Н.И. О биологической продуктивности растительного покрова // Проблемы современной ботаники. М.; Л.: Наука, 1965б. С. 236–243.

Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 143 с.

Родионов Б.С., Аргимбаева Р.Ж., Аязбаева Г.Ш., Тугельбаев С.У. Продуктивность яблоневых лесов Заилийского Алатау // Биологическая продуктивность растительности Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1974. С. 234 – 274.

Родионов Б.С., Аргимбаева Р.Ж., Аязбаева Г.Ш. Биологическая продуктивность яблоневого леса в Заилийском Алатау // Лесоведение, 1975. № 1. С. 20–27.

Рождественский С.Г. Фитомасса и годичная продукция надземной части осиновых древостоев Ярославской области // Лесоведение, 1979. № 4. С. 30–37.

Рождественский С.Г. Масса и годичная продукция надземной части осиновых фитоценозов Большесельского района Ярославской области // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М.: Наука, 1982. С. 99–109.

Розенберг Г.С. Математическое моделирование фитоценотических систем // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1980. Т. 85, вып. 2. С. 79–88.

Розенберг Г.С. Модели в фитоценологии. М.: Наука, 1984. 265 с.

Руднева Е.Н., Тонконогов В.Д., Дорохова К.Я. Круговорот зольных элементов и азота в ельнике-зеленомошнике северной тайги бассейна р. Мезень // Почвоведение, 1966. № 3. С. 14–26.

Электронный архив УГЛТУ

Рупасова Ж.А. Продуктивность лесных сообществ // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Новосибирск: Наука, 1976. С. 314–317.

Русаленко А.И., Петров Е.Г. Определение прироста фитомассы в сосновых насаждениях // Текущий прирост древостоев: Мат-лы науч. конф. Минск: Изд-во «Ураджай», 1975. С. 139–140.

Русанова Г.В., Слобода А.В. Биологическая продуктивность сосняка лишайникового среднетаежной подзоны Коми АССР // Ботан. журн., 1974. Т. 59, № 12. С. 1827–1833.

Рябинина З.Н., Середняк А.А., Хмара А.П. и др. Особенности структуры и функционирования экосистем на границе лесостепи и степи в Заволжье и Предуралье // Региональный конкурс РФФИ «Урал-2001»: Аннотационные отчеты. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. С.126–127.

Рябчиков А.М. Гидротермические условия и продуктивность фитомассы в основных ландшафтных зонах // Вестн. МГУ. Сер.V. География, 1968. № 5. С. 41–48.

Савельева Л.С. Срастание корневых систем древесных пород. М.: Лесная пром-сть, 1969. 72 с.

Садовничая Е.А., Чебакова Н.М. Радиационные факторы высотно-поясной зональности Западного Саяна // Стационарные лесоводственные исследования в Сибири. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1978. С. 6–19.

Салмина Ю.Н. Влияние смешения лиственницы сибирской в культурах Московской области на ее биологическую продуктивность: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 1973. 23 с.

Самойлова Е.М. Изучение корневых систем древесных пород на песчаных почвах // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междунар. симп. Л.: Наука, 1968. С. 200–206.

Самцов А.С. Экология хвойных пород и формирование фитоценозов в зоне водохранилищ. Минск: Наука и техника, 1991. 240 с.

Санников С.Н., Петрова И.В. Дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 248 с.

Санников Ю.Г., Смоленков А.А. Масса древесной зелени сосны крымской // Лесное хоз-во, 1997. № 3. С. 39–41.

Саурина Н.И., Каменецкая И.В. Масса корней сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в сосняке мшисто-лишайниковом южной тайги // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1969. Т. 74, № 5. С. 96–100.

Сафаров И.С., Джалилов К.Г. Биологическая продуктивность дубрав Талыша из дуба каштанолистного // Лесоведение, 1973. № 3. С. 40–46.

Сафаров И.С., Мирзоев О.Г., Саидова С.А. К вопросу о биологической продуктивности лесных фитоценозов Закатальского заповедника // Биологическая продуктивность почв и ее увеличение в интересах народного хозяйства. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 140–141.

Свирежев Ю.М. Моделирование окружающей среды и проблема недостатка информации // Математические модели в экологии и генетике. М.: Наука, 1981. С. 17–22.

Свирежев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. М.: Наука, 1987. 368 с.

Сдобников В.М. Изменения в орнитофауне Северного Таймыра // Природа, 1956. № 9. С. 109–110.

Семенов-Тян-Шанский В.П. Район и страна. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1928. 311 с.

Семенова В.Г. Влияние рубок главного пользования на почвы и круговорот веществ в лесу. М.: Лесн. пром-ть, 1975. 183 с.

Семериков В.Л. Продуктивность темнохвойно-лиственных молодняков на Среднем Урале // Экологические особенности и восстановительная динамика темнохвойных лесов Среднего Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 72–77.

Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков. Новосибирск: Наука, 1978. 165 с.

Серый В.С., Листов А.А. Надземная фитомасса древостоев разной густоты и влияние удобрений на ее структуру в среднетаежных сосняках лишайниковых // Лесоводственные исследования на зонально-типологической основе. Архангельск: ИЛиЛХ, 1984. С. 78–87.

Сидорович Е.А., Бусько Е.Г. Биологическая продуктивность и круговорот элементов питания ельника мшистого в условиях рекреационного пользования // Изв. АН БССР. Сер. биол., 1982. № 4. С. 98–100.

Электронный архив УГЛТУ

Сидорович Е.А., Рупасова Ж.А., Бусько Е.Г. Функционирование лесных фитоценозов в условиях антропогенных нагрузок. Минск: Наука и техника, 1985. 206 с.

Симон Ф.П. В лесах Общего Сырта // Лесн. журн., 1910. Т. 40, вып. 10. С. 1119–1140.

Синельщиков Р.Г. О постоянстве биомассы равновеликих деревьев // Тезисы VI делегатского съезда ВБО. Л., 1978. С. 220–221.

Синельщиков Р.Г. Екологія деревних культур біогеоценозів степовой зони України: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Дніпропетровськ, 1992. 36 с. (укр.).

Синицын В.М. Введение в палеоклиматологию. Л., 1967.

Скробов В.Д. Продвижение животных лесной зоны в тундру // Природа, 1958. № 11. С. 104–105.

Слемнев Н.Н. Прирост фитомассы и фотосинтез хвои в сосновых древостоях различных полнот и типов леса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1969. 20 с.

Словарь общегеографических терминов / Под. ред. Л.Д. Стампа. Пер. с англ. М.: Прогресс, 1976. Т. 2. 394 с.

Смагин В.Н., Семечкин И.В., Поликарпов Н.П. и др. Лесохозяйственное районирование Сибири // Лесные растительные ресурсы Сибири. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1978. С. 5–23.

Смирнов В.В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. М.: Наука, 1971а. 362 с.

Смирнов В.В. Первичная биологическая продуктивность еловых и производных от них фитоценозов европейской части СССР: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ин–т эксперим. ботаники. Минск, 1971б. 45 с.

Смирнова К.М., Городенцева Г.А. Потребление и круговорот элементов питания в березовом лесу // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1958. Т. 63, вып. 2. С. 135–145.

Смирнова О.В., Бакун Е.Ю., Турубанова С.А. Представление о потенциальном и восстановленном растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Лесоведение, 2006. № 1. С. 22–33.

Смирнова О.В., Бобровский М.В., Турубанова С.А., Калякин В.Н. Современная зональность Восточной Европы как результат природного и антропогенного преобразования позднеплейстоценового комплекса ключевых видов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / Отв. ред. О.В. Смирнова. М.: Наука, 2004. Кн. 1. С. 134–147.

Смольянинов И.И. Биологический круговорот веществ и повышение продуктивности лесов. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 192 с.

Смольянов А.Н. К вопросу о биологической продуктивности культур дуба в Шиповом лесу // Лесная геоботаника и биология древесных растений: Сб. науч. тр. Тула, 1979. С. 128–129.

Смоляк Л.П., Русаленко А.И., Романов В.С., Степук В.А. Надземная биологическая продуктивность сосновых фитоценозов в различных условиях местопроизрастания // Изучение лесных фитоценозов. Минск: Наука и техника, 1973. С. 20–28.

Смоляк Л.П., Петров Е.Г., Романов В.С. и др. Надземная биологическая продуктивность некоторых лесных фитоценозов Полесья // Типология и биология естественных и искусственных фитоценозов. Минск: Наука и техника, 1974. С. 3–12.

Смоляк Л.П., Петров Е.Г., Русаленко А.И. Биологическая и хозяйственная продуктивность сосновых фитоценозов белорусского Полесья в связи с водным режимом почвы // Эколого-биологические исследования растительных сообществ. Минск: Наука и техника, 1975. С. 38–64.

Сныткин Г.В. Запас горючих материалов в опаде, напочвенном покрове и древостое лиственничных молодняков Охотского побережья и верхнего течения реки Колымы // Исследования растительности и почв в лесах Северо-Востока СССР. Якутск: Кн. изд-во, 1971. С. 83–93.

Соколов И.М. Фракталы // Квант, 1989. № 5. С. 6–13.

Соколов П.А., Петров А.А. Таксация ельников Прикамья (на примере Удмуртии). Ижевск: ИжГСХА, 2004. 272 с.

Солнцева О.Н., Холопова Л.Б. Структура и продуктивность молодняков в ходе антропогенной сукцессии в подзоне широколиственно-еловых лесов // Лесоведение, 2000. № 4. С. 22–27.

Сонген Б., Андраско К., Гитарский М. и др. Запасы и потоки углерода в лесном и земельном фондах России: инвентаризация и потенциал смягчения последствий климатических изменений. М.: ЦЭПЛ, 2005. 51 с.

Электронный архив УГЛТУ

Софронов М.А., Волокитина А.В. Об экологических особенностях зоны северных редколесий в Средней Сибири // Сиб. эколог. журн., 1998. № 3–4. С. 245–250.

Сочава В.Б. Северная граница кедра (*Pinus sibirica* Мауг) на Урале // Изв. АН СССР. 1927. VI серия, № 9. С. 787–804.

Сочава В.Б. Пределы лесов в горах Ляпинского Урала // Тр. Ботан. музея АН СССР. М., 1930. Вып. 22. С. 1–48.

Сочава В.Б. Ботанико-географические соотношения в бассейне Амура // Амурская тайга (комплексные ботанические исследования). Л., 1969. С. 3–15.

Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.

Сочава В.Б. Растительный покров на тематических картах. Новосибирск: Наука, 1979. 190 с.

Стаканов В.Д., Кузьмичев В.В., Грешилова Н.В. Формирование углерододепонирующих древостоев рубками ухода за молодняками // Лесное хоз-во, 2002. № 2. С. 24–25.

Стакин Е.М., Гиль И.А., Братилова Н.П. Формирование стволовой древесины кедра сибирского разных классов возраста // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения. Красноярск: СибГТУ, 2004. С. 87–89.

Станюкович К.В. Растительность высокогорий СССР. Ч. 1. Сталинабад: АН Тадж. ССР, 1960. 167 с.

Старцев А.И. Фитомасса древостоев сосны обыкновенной // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург, 2005. Вып. 26. С. 51–63.

Старцев А.И. Фитомасса древостоев сосны обыкновенной в Костромской области // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург, 2007. Вып. 28. С. 42–44.

Статистическое описание и основания устройства юго-восточной части Бузулукского бора // Лесной журн., 1847. № 26. С. 201–205; № 27. С. 214.

Степанов Э.В. Роль метаболитов корневых систем хвойных как фактора среды лесных биогеоценозов // Изв. СО АН СССР. Сер. биол., 1975. № 10, вып. 2. С. 30–37.

Степанов Э.В., Дубовенко Ж.В. Исследование летучих органических веществ прямым газохроматографированием растительного материала // Изв. СО АН СССР. Сер. биол., 1970. № 15, вып. 3. С. 152–158.

Столбовой В.С., Нильсон С., Швиденко А.З., Мак-Каллум И. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 3. Биогеохимические потоки углерода // Экология, 2004. № 3. С. 179–184.

Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства. Л.: Изд-во Ленинград. лесн. ин-та, 1926. 163 с.

Сукачев В.Н. Избр. тр. В 3 т. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 418 с.

Сумгин М.И. О деградации вечной мерзлоты на некоторой части территории, занимаемой ею в СССР // Тр. Комиссии по изучению вечной мерзлоты. Л., 1932. Т. 1. С. 7–22.

Сун В., Балюнас С., Демирчан К.С. и др. Влияние антропогенных выбросов CO_2 на климат: нерешенные проблемы // Изв. РГО, 2001. Т. 133, вып. 2. С. 1–19.

Суставова О.В. Анализ показателей ГУЛФа по Свердловской области // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург, 2003. Вып. 23. С. 95–100.

Суставова О.В. Структура и динамика сосновых древостоев искусственного происхождения в условиях степного Зауралья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. 22 с.

Сухих В.И., Уткин А.И. Информационно-инвентаризационные проблемы лесного фонда России в связи с экологизацией лесного хозяйства // Лесоведение, 2003. № 1. С. 3–15.

Танфильев Г.И. Пределы леса на юге России. СПб., 1894. 174 с.

Танфильев Г.И. Пределы лесов в Полярной России по исследованиям в тундре тиманских самоедов. Одесса: Маяк, 1911. 287 с.

Танфильев Г.И. Географические работы. М.: Географиздат, 1953. 676 с.

Тарасашвили Г.Н. Эколого-почвенные особенности и биологический круговорот веществ низинных дубрав Западной Грузии: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тбилиси: Грузинский СХИ, 1986. 27 с.

Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях (на массивно-кристаллических и песчаных полимиктовых породах). М.: Наука, 1971. 268 с.

Электронный архив УГЛТУ

Тарко А.М., Зволинский В.П. Глобальное потепление и последствия выполнения Киотского протокола // НЭП-XXI век (наука, экономика, промышленность), 2006. Специальный выпуск. С. 42–45.

Твалавадзе М.В. Динамика биологической продуктивности и химических элементов дубово-грабинниковых лесов Восточной Грузии // Биологическая продуктивность почв и ее увеличение в интересах народного хозяйства. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 155.

Терехов Г.Г., Усольцев В.А. Фитомасса 9-летних ельников искусственного происхождения в связи со способом их формирования на Среднем Урале // Экологические проблемы Севера: Межвуз. сб. науч. тр. Архангельск, 2005. Вып. 8. С. 107–108.

Терин А.А. Состояние сосновых насаждений и перспективы их хозяйственного использования после подсочки в Среднем Зауралье: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. 21 с.

Тимирязев К.А. Жизнь растения: десять общедоступных лекций. М.: Сельхозиздат, 1949. 334 с.

Тимофеев-Ресовский Н.В. Биосфера и человечество // Науч. тр. Обнинского отд. Географ. об-ва СССР. Обнинск, 1968. Т. 1, ч. 1. С. 3–12.

Тимофеев-Ресовский Н.В. Генетика, эволюция и теоретическая биология // Кибернетика живого: биология и информация. М.: Наука, 1984. С. 18–24.

Тихомиров Б.А. К вопросу о динамике полярного и вертикального пределов лесов в Евразии // Сов. ботан., 1941. № 5–6. С. 23–38.

Тихомиров Б.А. Безлесье тундры, его причины и пути преодоления. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 89 с.

Ткаченко М.Е., Асосков А.И., Синев В.Н. Общее лесоводство. Л.: Гослестехиздат, 1939. 746 с.

Токмурзин Т.Х., Нурпеисов Х.Н. Таблицы хода роста фитомассы древостоев сосны Прииртышья // Науч. труды Казахского с.-х. ин-та, 1976. Т. 19, вып 3. С. 127–136.

Толмачев А.И. Предварительный отчет о поездке в низовья Енисея и в прибрежную часть Гыданской тундры летом 1926 г. // Изв. АН СССР, 1926. VI сер. Т. 20, № 18. С. 1655–1680.

Тольский А.П. Исследование Энглера над развитием корней древесных пород // Лесной журн., 1904а. № 2. С. 415–425.

Тольский А.П. К вопросу о влиянии типа почвы на строение корней сосны // Тр. опытных лесничеств. СПб., 1904б. Вып. 2.

Тонконогов В.Д., Дорохова К.Я. Особенности круговорота зольных элементов и азота в северотаежных сосновых лесах, развитых на песчаных подзолах // Бюл. почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. М., 1968. Вып. 2. С. 11–24.

Торлопова Н.В. Сосновые леса // Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. СПб.: Наука, 2001. С. 68–72.

Тулохонов А.К., Пунцукова С.Д., Скулкина Н.А., Кузнецов Ю.А. Вклад лесов Бурятии в баланс стока и эмиссии углерода // География и природные ресурсы, 2006. № 2. С. 41–48.

Тюлина Л.Н. К эволюции растительного покрова предгорий Южного Урала // Зап. Златоустовского об-ва краеведения, 1929. Вып. 1. 18 с.

Тюлина Л.Н. О лесной растительности Анадырского края и ее взаимоотношении с тундрой // Тр. Арктическ. ин-та, 1936. Вып. 40. С. 7–212.

Тюлина Л.Н. Лесная растительность Хатангского района у ее северного предела // Тр. Арктическ. ин-та, 1937. Вып. 63. С. 83–180.

Уварова С.С. Динамика запасов фитомассы деревьев липы на примере Ачитского лесхоза Свердловской области // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург, 2005. Вып. 26. С. 38–40.

Уварова С.С. Рост и фитомасса древостоев липы в Свердловской области: Дис. ... канд. с.-х. наук. УГЛТУ. Екатеринбург, 2006. 239 с. (фонды УГЛТУ).

Урушадзе Т.Ф., Тарасашвили Г.Н. Биологическая продуктивность дубрав из дуба имеретинского в Западной Грузии // Деградация и восстановление лесных почв. М.: Наука, 1991. С. 89–96.

Усков Б.В. О продуктивности лесных насаждений на песчаных почвах Нижнего Поволжья // Биологическая продуктивность почв и ее увеличение в интересах народного хозяйства. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 167–168.

Усольцев В.А. Применение регрессионного анализа при исследовании возрастной динамики фитомассы березы и осины // Лесоведение, 1976. № 1. С. 35–39.

Электронный архив УГЛТУ

Усольцев В.А., Ненашев Н.С., Терентьев В.В. и др. Биологическая продуктивность сосняков естественного и искусственного происхождения в Тургайском прогибе // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. научных трудов. Брянск, 2005б. Вып. 10. С. 67–69.

Усольцев В.А., Ненашев Н.С., Терентьев В.В. и др. Биологическая продуктивность сосняков искусственного и естественного происхождения таежной, лесостепной и степной зон // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург, 2006. Вып. 27. С. 202–214.

Усольцев В.А., Сальников А.А. Новый метод оценки запасов органического углерода в лесных экосистемах // Экология, 1998. № 1. С. 3–13.

Усольцев В.А., Терехов Г.Г., Бирюкова А.М. и др. Фитомасса еловых культур на Среднем Урале // Экология: Наука, образование, воспитание. Брянск, 2002б. Вып. 3. С. 48–51.

Усольцев В. А., Терехов Г.Г., Бирюкова А.М., Крапивина О.А. Биологическая продуктивность 20-летних еловых культур на Среднем Урале // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. научных трудов. Брянск, 2004б. Вып. 9. С. 53–57.

Усольцев В.А., Филиппов А.В., Усольцева Ю.В., Залесов С.В. Биологическая продуктивность березняков порослевого и семенного происхождения в подзоне южной лесостепи // Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера: Мат-лы Междун. конф. Архангельск, 2004д. Т. 1. С. 54–57.

Усольцев В.А., Фимушин А.Б., Колтунова А.И. Региональные особенности распределения годичной продукции фитомассы лиственничников // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Брянск, 2001. Вып. 1. С. 13–16.

Усольцев В.А., Хоффман К.В., Нагимов З.Я., Мельникова И.В. Таблицы фитомассы кроны для одновозрастных ельников Швейцарии // Леса Урала и хоз-во в них. Екатеринбург, 1995. Вып. 18. С. 181–197.

Уткин А.И. Исследования по первичной биологической продуктивности лесов в СССР // Лесоведение, 1970. № 3. С. 58–89.

Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов: Методы изучения и результаты // Лесоведение и лесоводство: Итоги науки и техники. М.: ВИНИТИ, 1975. Т. 1. С. 9–189.

Уткин А.И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М.: Наука, 1982. С. 59–72.

Уткин А.И. О возможной динамике лесной растительности в экотонах Северной Евразии при глобальном потеплении // Классификация и динамика лесов Дальнего Востока: Мат-лы Междун. конф. Владивосток, 2001. С. 125–127.

Уткин А.И. Изучение пулов и потоков углерода на уровнях экосистемы и территориального комплекса // Стационарные лесоэкологические исследования: методы, итоги, перспективы. Сыктывкар, 2003. С. 9–12.

Уткин А.И. Две объемные книги о фитомассе лесов Северной Евразии // Лесоведение, 2004. № 1. С. 68–70.

Уткин А.И., Атисков Н.В., Ермолова Л.С. и др. Биологическая продуктивность культур сосны обыкновенной и лиственницы сибирской в Куйбышевском Заволжье // Лесоведение, 1980. № 2. С. 21–31.

Уткин А.И., Гульбе Т.А., Гульбе Я.И. Опыт мониторинга биологической продуктивности искусственных насаждений // Лесоведение, 1996. № 2. С. 13–29.

Уткин А.И., Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Ермолова Л.С. Биологическая продуктивность лесных экосистем. Компьютерная база данных. М.: Ин-т лесоведения РАН, ЦЭПЛ РАН, 1994.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В. Пулы углерода фитомассы и почв сосновых лесов // Хвойные бореальной зоны. 2004а. Вып. 2. С. 13–21.

Уткин А.И., Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Замолодчиков Д.Г. Связь надземной чистой первичной продукции с фитомассой и с запасами насаждений (поиск моделей по материалам базы данных) // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2004б. С. 477–479.

Уткин А.И., Гульбе Т.А., Гульбе Я.И. и др. Березняки и сероольшаники центра Русской равнины – экотон между экосистемами хвойных пород и сельскохозяйственными угодьями // Лесоведение, 2005. № 4. С. 49–66.

Уткин А.И., Дылис Н.В. Изучение вертикального распределения фитомассы в лесных биогеоценозах // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1966. Т. 71, № 6. С. 79–91.

Уткин А.И., Ермолова Л.С. Биологическая продуктивность культур сосны обыкновенной в Ульяновском Заволжье // Лесоведение, 1979. № 3. С. 3–15.

Электронный архив УГЛТУ

Уткин А.И., Ермолова Л.С. Первичная продуктивность культур сосны обыкновенной Ульяновского Поволжья // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М.: Наука, 1982. С. 186–195.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Сухих В.И. Влияние возрастного критерия лесных насаждений на точность региональных оценок запасов и депонирования углерода в фитомассе лесов // Экология, 1999. № 4. С. 243–250.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В. и др. Леса России как резервуар органического углерода биосферы // Лесоведение, 2001. № 5. С. 8–23.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. Методы определения депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов (на примере Республики Беларусь) // Лесоведение, 2003а. № 1. С. 48–57.

Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В. Органический углерод лиственничных лесов России // Хвойные бореальной зоны. Красноярск, 2003б. Вып. 1. С. 66–76.

Уткин А.И., Ифанова М.Г., Ермолова Л.С. Первичная продуктивность культур сосны обыкновенной Вязниковского района Владимирской области // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М.: Наука, 1982. С. 176–186.

Уткин А.И., Каплина Н.Ф., Молчанов А.Г. Биологическая продуктивность 40-летних высокопродуктивных древостоев сосны и березы // Лесоведение, 1984. № 3. С. 28–36.

Уткин А.И., Каплина Н.Ф., Арутюнян С.Г. Биологическая продуктивность и вертикально-фракционная структура искусственных насаждений сосны обыкновенной // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. М.: Наука, 1986. С. 149–163.

Уткин А.И., Рождественский С.Г., Гульбе Я.И. и др. Анализ продукционной структуры древостоев. М.: Наука, 1988а. 240 с.

Уткин А.И., Рождественский С.Г., Гульбе Я.И., Каплина Н.Ф. Продукционная инвариантность древостоев // Лесоведение, 1988б. № 2. С. 12–23.

Фамелис Т.В. Методические основы отображения структуры и закономерностей распределения высокогорной растительности на крупномасштабных картах (на примере Северного Урала): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. ИЭРиЖ. Свердловск, 1977а. 23 с.

Фамелис Т.В. Применение метода экологических рядов для выявления закономерностей высотного распределения растительности // Геоботаника, экология и морфология растений на Урале: Зап. Свердловского отд. Всесоюз. ботан. об-ва, 1977б. Вып. 7. С. 22–27.

Федоров Ю.Н. Россия: перспективы реализации Киотского протокола // НЭП-XXI век (наука, экономика, промышленность), 2006. Специальный выпуск. С. 16–18.

Фишер Ф.Б. О посеве и посадке деревьев на острове Уналашке // Лесн. журн., 1841. № 8. С. 149–158.

Фрейберг И.А. Экологические особенности сосны обыкновенной на лугово-степных солонцах Зауралья // Вид и его продуктивность в ареале (Программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера»): Мат-лы VI совещ. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. С. 343–345.

Хантемиров Р.М. , Шиятов С.Г. Основные этапы развития древесной растительности на Ямале в голоцене // Экология, 1999. № 3. С. 163–196.

Харвей Д. Научное объяснение в географии. М.: Прогресс, 1974. 502 с.

Харук В.И., Наурзбаев М.М., Федотова Е.В., Мезенцев А.Г. Реакция древесной растительности на изменения климата в переходной зоне «лес–тундра» // Аэрокосмические методы и геоинформационные системы в лесоведении и лесном хозяйстве. М.: НИЦ изучения природных ресурсов, 1998. С. 42–45.

Харук В.И., Шиятов С.Г., Касишке Е. и др. Реакция экотона «лес–тундра» на изменение климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. Т. 18. С. 234–260.

Хильми Г.Ф. Современное состояние научных концепций биосферы // Методологические аспекты исследования биосферы. М.: Наука, 1975. С. 91– 100.

Храмов А.А., Валуцкий В.И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья (структура и биологическая продуктивность). Новосибирск: Наука, 1977. 221 с.

Храмова Н.Ф., Храмов А.А. Семенная продуктивность и фитомасса кедра сибирского // Биология семенного размножения хвойных Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. С. 95–105.

Цветков В.Ф., Сурина Е.А. Запасы углерода в лесах Архангельской области // Изв. вузов. Лесн. журн., 2003. № 5. С. 17–25.

Цельникер Ю.Л. Структура кроны ели // Лесоведение, 1994. № 4. С. 35–44.

Цельникер Ю.Л. Дыхание корней и его роль в углеродном балансе древостоя // Лесоведение, 2005. № 6. С. 11–18.

Электронный архив УГЛТУ

Цельникер Ю.Л., Корзухин М.Д., Зейде Б.Б. Морфологические и физиологические исследования кроны деревьев (литературный обзор). М., 2000. 93 с.

Цельникер Ю.Л., Малкина И.С., Ковалев А.Г. и др. Рост и газообмен CO_2 у лесных деревьев. М.: Наука, 1993. 256 с.

Цельникер Ю.Л., Молчанов А.Г. Соотношение нетто- и гросс-продукции и газообмен CO_2 в высокопродуктивных сосняках и березняках // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. Т. 20. С. 174–190.

Цыкунов И.А. Накопление зольных элементов и азота в сосновых насаждениях, произрастающих на легких по механическому составу дерново-подзолистых почвах // Лесоведение и лесн. хоз-во. Вып. 6. Минск, 1972а. С. 39–43.

Цыкунов И.А. Свойства почв и биологический круговорот азота и зольных элементов в сосняке брусничном Негорельского учебно-опытного лесхоза: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Минск: БелТИ, 1972б. 22 с.

Цыкунов И.А., Меркуль Г.В., Цай В.В. Количество фитомассы в сосновых насаждениях брусничного и орляково-черничного типов леса // Лесн. журн., 1984. № 6. С. 20–23.

Цыкунов И.А., Меркуль Г.В., Цай В.В. Биологическая продуктивность сосновых насаждений брусничного и орляково-черничного типов леса // Ботаника: Исследования. Вып. 27. Минск: Наука и техника, 1986. С. 226–227.

Чеботарев А. К вопросу о перестое // Лесн. журнал, 1897. № 5. С. 903–906.

Чепурко Н.Л. Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в лесных и тундровых сообществах Хибинских гор // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л.: Наука, 1971. С. 213–219.

Чепурко Н.Л. Структура и годовой баланс биомассы в лесах Хибинского горного массива // Почвы и продуктивность растительных сообществ. М.: Изд-во МГУ, 1972. Вып. 1. С. 94–116.

Черепнин В.Л. Зависимость продуктивности растительности от климатических факторов // Ботан. журн., 1968. Т. 53, № 7. С. 881–890.

Чернявский Н.В. Природные и преобразованные буково-пихтово-еловые леса Украинских Карпат // Тр. Харьковского СХИ, 1975. Т. 210. С. 102–107.

Чернявский Н.В. Оптимальный состав насаждений во влажной буково-пихтовой сурамени Украинских Карпат: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Харьков: Харьковский СХИ, 1977. 20 с.

Чибисов Г.А. Биологическая продуктивность производных ельников, формируемых рубками ухода // Повышение продуктивности лесов Европейского Севера. Архангельск: СевНИИЛХ, 1992. С. 34–42.

Чибисов Г.А., Поротов В.Н., Жариков В.М. Фитомасса сосняков в связи с рубками ухода // Материалы годичной сессии АИЛиЛХ по итогам НИР за 1977 г. Архангельск, 1978. С. 25–26.

Чибисов Г.А., Поротов В.Н., Москалева С.А. Эффективность рубок ухода в смешанных сосняках Европейского Севера // Рубки ухода и главного пользования на Европейском Севере. Архангельск, 1980. С. 6–29.

Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 367с.

Чиллингуорт Д. Структурная устойчивость математических моделей. Значение методов теории катастроф // Математическое моделирование / Под ред. Дж. Эндрюса и Р. Маклоуна. М.: Мир, 1979. С. 249–276.

Чмыр А.Ф. Лесные культуры: Методические указания по исследованию корневых систем древесных пород. Л.: ЛЛТА, 1984. 40 с.

Чуканов В.Н. Парниковый глобализм // Вестн. УрО РАН, 2005. № 2 (12). С. 97–107.

Шадрина Н.И. Продуктивность надземной биомассы болотных лесов Тавдинского Зауралья // Лесоведение, 1968. № 4. С. 39–47.

Шалыт М.С. Методика изучения морфологии и экологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ // Полевая геоботаника. Т. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 369–489.

Шалыт М.С., Животенко Л.Ф. Надземная и подземная части некоторых травянистых и полукустарничковых фитоценозов Крымской яйлы и методика их количественного учета // Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы: Междун. симп. Л.: Наука, 1968. С. 245–250.

Швиденко А.З. Современные проблемы российской лесной таксации: методология и моделирование // Лесная таксация и лесоустройство, 2002. № 1 (31). С. 41–51.

Электронный архив УГЛТУ

Швиденко А.З., Нильссон С., Столбовой В.С. и др. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 1. Запасы растительной органической массы // Экология, 2000. № 6. С. 403–410.

Швиденко А.З, Нильссон С., Столбовой В.С. и др. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 2. Нетто-первичная продукция экосистем // Экология, 2001. № 2. С. 83–90.

Швиденко А.З., Нильссон С., Щепащенко Д., Лакида П. Система моделей для общей оценки фитомассы в лесах России // Методы оценки состояния и устойчивости лесных экосистем: Тез. докл. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1999. С. 152.

Шишкин А.М. Притундровые леса Тюменской области (типология, строение, ведение хозяйства): Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. УГЛТА. Екатеринбург, 1997. 30 с.

Шиятов С.Г. Возрастная структура и формирование древостоев лиственничных редколесий на верхней границе леса в бассейне реки Соби (Полярный Урал) // Тр. Ин-та биологии УФАН СССР. Свердловск, 1965. Вып. 42. С. 81–97.

Шиятов С.Г. О типах верхней границы леса и ее динамике на Полярном Урале // Биологические основы использования природы Севера. Сыктывкар: Ин-т биол., 1970. С .73–81.

Шиятов С.Г. Понятие о верхней границе леса // Растительный мир Урала и его антропогенные изменения. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. С. 32–58.

Шиятов С.Г. Цикличность радиального прироста деревьев в высокогорьях Урала // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука, 1986а. С. 134–160.

Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986б. 136 с.

Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Климатогенная динамика лесотундровых экосистем в горах Полярного Урала // Экологические проблемы горных территорий: Мат-лы Междунар. науч. конф. Екатеринбург, 2002. С. 41–45.

Шиятов С.Г., Мазепа В.С., Хантемиров Р.М., Чехлов О.Ю. Климатогенная динамика лесотундровых экосистем на полуострове Ямал и в горах Полярного Урала // Природная и антропогенная динамика лесных экосистем: Мат-лы Французско-Российского науч. семин. Екатеринбург, 2001. С. 85–90.

Шиятов С.Г., Мазепа В.С., Чехлов О.Ю. Изменения климата и динамика лесотундровых экосистем на Полярном Урале в XX столетии // Науч. вестн., 2002. Вып. 11. С. 28–35.

Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // Экология, 2005. № 2. С. 1–8.

Шлыкова Н.А. Динамика фитомассы травяно-кустарничкового яруса на ранних этапах восстановления пихто-ельника травяно-липнякового // Экологические особенности и восстановительная динамика темнохвойных лесов Среднего Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 101–111.

Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск: Наука, 1968. 224 с.

Штибе У.Л. Количественные показатели элементов крон ели в спелых ельниках-кисличниках Латвийской ССР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. ЛатСХА. Елгава, 1967. 23 с.

Шугрин С.М. Космическая организованность биосферы и ноосферы. Новосибирск: Наука, 1999.

Шугрин С.М., Обут А.М. Солнечная активность и биосфера. Новосибирск: Наука, 1986. 128 с.

Щепащенко Д.Г. Биологическая продуктивность и бюджет углерода лиственничных лесов Северо-Востока России: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. МГУЛ. М., 2005. 47 с.

Щепащенко Д.Г., Щепащенко М.В., Пакай О.Д. Биологическая продуктивность древостоев северо-восточной Якутии в зависимости от почвенных условий // Лесной вестник, 2001. № 1. С. 165–169.

Эйнар Г. Мир леса. М.: Махаон, 2006. 125 с.

Экосистемы в критических состояниях / Отв. ред. Ю.Г. Пузаченко. М.: Наука, 1989. 157 с.

Энгельс Ф. Диалектика природы. М.: Госполитиздат, 1941. 338 с.

Яблоков А.С. Культура лиственницы и уход за насаждениями. М.: Гослесбумиздат, 1934. 128 с.

Якушев Б.И. Электрометрический способ оценки массы подземных органов растений // Докл. АН БССР, 1972. Т. 16, № 9. С. 848–850.

Электронный архив УГЛТУ

Якушев Б.И. Исследование растений и почв: Эколого-физиологические методы. Минск: Наука и техника, 1988. 71 с.

Янушене В.Ю. Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в некоторых лесных и полевых биогеоценозах Литовской ССР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Каунас: ЛитСХА, 1975. 48 с.

Ярмишко В.Т. Методы изучения биологической продуктивности древесного яруса, полога подроста и подлеска // Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. С. 76–88.

Ярмишко В.Т., Андреева Е.Н., Мазная Е.А., Ярмишко М.А. Методы изучения биологической продуктивности нижних ярусов лесных сообществ // Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. С. 89–95.

Aber J.D., Melillo J.M., Nadelhoffer K.J. et al. Fine root turnover in forest ecosystems in relation to quantity and form of nitrogen availability: a comparison of two methods // Oecologia (Berlin), 1985. Vol. 66. P. 317–321.

ACIA, Impacts of Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge Univ. Press, 2004. 140 p.

Aerts R., Bakker C., De Caluwe H. Root turnover as determinant of the cycling of C, N and P in a dry heathland ecosystem // Biogeochemistry, 1992. Vol. 15. P. 175–190.

Agardh von. Allgemeine Biologie der Pflanzen. Berlin, 1832.

Ågren G.I., Bosatta E. Theoretical analysis of the long-term dynamics of carbon and nitrogen in soils // Ecology, 1987. Vol. 68. P. 1181–1189.

Ågren G.I., Bosatta E. Theoretical ecosystem ecology: Understanding element cycles. Cambridge: University Press, 1996. 234 p.

Akai T., Ueda S., Furuno T. Mechanisms related to matter production in a young white pine forest // Bull. Kyoto Univ. For., 1971. Vol. 42. P. 143–162.

Aksenov D., Dobrynin D., Dubinin M. et al. Atlas of Russia's intact forest landscapes. Moscow: Global Forest Watch Russia, 2002.

Albaugh T.J., Allen H.L., Kress L.W. Root and stem partitioning of *Pinus taeda* // Trees, 2006. Vol. 20. P. 176–185.

Albrektson A. Biomass of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Amount, development, methods of mensuration. The University of Agricultural Sciences. Dept. of Silviculture. Report No. 2. Umea, Sweden. 1980a. 189 p. (swed., engl.).

Albrektson A. Relations between tree biomass fractions and conventional silvicultural measurements // Ecol. Bull. 1980б. No. 32. P. 315–327.

Alden J., Bruce D. Growth and historical Sitka spruce plantations at Unalaska Bay, Alaska // USDA Forest Service. Pacific Northwest Research Station. General Technical Report PNW-GTR-236, 1989. 18 p.

Aldred A.H., Alemdag I.S. Guidelines for forest biomass inventory. Information Report PI-X-77. Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forestry Service, 1988. 133 p.

Alvera B. Estudios en bosques de coniferas del Pirineo Central. Serie A: Pinar con acebo de San Juan de la Peña. I. Produccion de hojarsca // Pirineos, 1973. Vol. 109. P. 17–29.

Anderson K.J., Allen A.P., Gillooly J.F., Brown J.H. Temperature-dependence of biomass accumulation rates during secondary succession // Ecology Letters, 2006. Vol. 9. P. 673–682.

Andersson F. Ecological studies in a Scanian woodland and meadow area, Southern Sweden. II. Plant biomass, primary production and turnover of organic matter // Botaniska Notiser., 1970. Vol. 123. P. 8–51.

Ando T. Estimation of dry matter and growth analysis of the young stand of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) // Advg. Front. Pl. Sci. New Delhi., 1965. Vol. 10. P. 1–10.

Ando T., Chiba K., Nishimura T., Tanimoto T. Temperate fir and hemlock forests in Shikoku // Primary productivity in Japanese forests. JIBP Synthesis. Univ. of Tokyo Press. 1977. Vol. 16. P. 213–245.

Ando T., Hatiya K., Doi K., Kataoka H., Kato Y., Sakaguchi K. Studies on the system of density control of Sugi (*Cryptomeria japonica*) stand // Bull. Government. Forest Exper. Station Tokyo, 1968. Vol. 209. P. 1–76.

Ando T., Takeuchi I. Growth and production structure of *Acacia mollissima* Wild. and *Acacia dealbata* Link. in Saijo experimental stand // Bull. Government. Forest Exper. Station Tokyo, 1973. Vol. 252. P. 149–159.

Ares A., Peinemann N. Fine-root distribution of coniferous plantations in relation to site in southern Buenos Aires, Argentina // Can. J. For. Res., 1992. Vol. 22. P. 1575–1582.

Электронный архив УГЛТУ

Armand A.D. Sharp and gradual mountain timberlines as a result of species interaction // Eds. Hansen A.J., di Castri F. Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1992. P. 360–378 (Ecological Studies. Vol. 92).

Armentano T.V., Ralston C.W. The role of temperate zone forests in the global carbon cycle // Can. J. For. Res., 1980. Vol. 10. P. 53–60.

Auclair D., Métayer S. Méthodologie de l'évaluation de la biomasse aérienne sur pied et de la production en biomasse des taillis // Acta Oecologica / Oecologia Applicata, 1980. Vol. 1. No. 4. P. 357–377.

Axelsson B. Site differences in yield-differences in biological production or in redistribution of carbon within trees // Swed. Univ. Agric. Sci. Dep. Ecol. Environ. Res. Rep., 1981. Vol. 9. P. 1–11.

Ayphassorho H., Mauranges P. Premières estimations de la production de la biomasse à partir de plantations forestières en Guyane // Mesures des biomasses et des accroissements forestiers. INRA, 1983. P. 67–76 (Les Colloques de l'INRA. No. 19).

Baldini S., Berti S., Cutini A. et al. Prove sperimentali di primo diradamento in un soprassuolo di pino marittimo (*Pinus pinaster* Ait.) originato da incendio: aspetti selvicolturali, di utilizzazione e caratteristiche della biomassa (Preliminary results of the first thinning in a Maritime pine's (*Pinus pinaster* Ait.) stand originated from fire) // Annali dell' Istituto sperimentale per la selvicoltura, 1989. Vol. 20. P. 385–436 (итал.).

Barney R.J., Van Cleve K., Schlentner R. Biomass distribution and crown characteristics in two Alaskan *Picea mariana* ecosystems // Can. J. For. Res., 1978. Vol. 8. P. 36–41.

Barnsley M. Fractals everywhere. Boston: Acad. Press Inc., 1988. 396 p.

Bartelink H.H. Allometric relationships on biomass and needle area of Douglas-fir // For. Ecol. Manage, 1996. Vol. 86. P. 193–203.

Bartelink H.H. Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L.) // Ann. Sci. Forest., 1997. Vol. 54. P. 39–50.

Baskerville G.L. Dry-matter production in immature balsam fir stands // Forest Sci. Monograph., 1965. No. 9. P. 1–42.

Baskerville G.L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Can. J. For. Res., 1972. Vol. 2. P. 49–53.

Beamen J.H. The timberlines of Iztaccihuatl and Popocatepetl, Mexico // Ecology, 1962. Vol. 43, No. 3. P. 377–385.

Beauchamp J.J., Olson J.S. Corrections for bias in regression estimates after logarithmic transformation // Ecology, 1973.Vol. 54, No. 6. P. 1403–1407.

Benčat T. The root system and underground biomass of locust trees (*Robinia pseudoacacia* L.) in Southern Slovakia // Lesnictvi. 1988. Vol. 34. No. 1. P. 51–60 (чешск.).

Benčat T. Black locust biomass production in Southern Slovakia. Bratislava: VEDA, 1989. 191 p.

Benčat T. Comparison of above-ground biomass of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) and false acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) at the Záhori locality // Lesnictvi, 1990. Vol. 36, No. 5. P. 355–366 (чешск.).

Bernier P.Y., Robitaille G., Rioux D. Estimating the mass density of pine roots of trees for minirhizotron-based estimates of productivity // Can. J. For. Res., 2005. Vol. 35, No. 7. P. 1708–1713.

Berntson G.M., Wayne P.M., Bazzaz F.A. Below-ground architectural and mycorrhizal responses to elevated CO_2 in *Betula alleghaniensis* populations // Functional Ecology, 1997. Vol. 11, No. 6. P. 684–695.

Bernoulli M., Körner Ch. Dry matter allocation in treeline trees // Phyton (Austria). 1999. Vol. 39. P. 7–12.

Bert D., Danjon F. Carbon concentration variations in the roots, stem and crown of mature *Pinus pinaster* (Ait.) // Forest Ecol. Manage, 2006. Vol. 222. P. 279–295.

Billings W.D., Mark A.F. Factors involved in the persistence of montane treeless balds // Ecology, 1957. Vol. 38, No. 1. P. 140–142.

Biological production in a warm-temperate evergreen oak forest of Japan. JIBP Synthesis. University of Tokyo Press, 1978. Vol. 18.

Bliss C.J. The calculation of the dosage-mortality curve // Annal. Appl. Biol., 1935. Vol. 22, No. 1. P. 134.

Böhm W. Methods of studying root systems. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1979. 188 p.

Bolstad P.V., Vose J.M., McNulty S.G. Forest productivity, leaf area and terrain in Southern Appalachian deciduous forests // Forest Sci., 2001. Vol. 47, No. 3. P. 419–427.

Электронный архив УГЛТУ

Bolte A., Rahmann T., Kuhr M. et al. Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) // Plant and Soil., 2004. Vol. 264. P. 1–11.

Bolte A., Hertel D., Ammer C. et al. Freilandmethoden zur Untersuchung von Baumwurzeln // Forstarchiv, 2003. Bd 74. S. 240–262.

Bonnor G.M. Inventory of forest biomass in Canada. Canad. Forest Serv.: Petawawa Nat. Forestry Institute, 1985. 63 p.

Borkhausen M.B. Handbuch der Forstbotanik und Forsttechnologie. Berlin, 1800.

Box J.E.Jr., Smucker A.J.M., Ritchie J.T. Minirhizotron installation techniques for investigating root responses to drought and oxygen stresses // Soil Sci. Soc. Amer. J., 1989. Vol. 53. P. 115–118.

Boysen Jensen P. Die Stoffproduktion der Pflanzen. Jena: Gustav Fischer, 1932. 108 s.

Boysen Jensen P., Müller D. Untersuchengen über die Stoffproduktion in jungen Beständen von Esche und Rotbuche // Det Forstlige Forsøgsvaesen i Danmark, 1927. Bd 9. S. 221–268 (датск.).

Brahim M.B., Gavaland A., Cabanettes A. Generalized allometric regression to estimate biomass of *Populus* in short-rotation coppice // Scand. J. For. Res., 2000. Vol. 15. P. 171–176.

Bray J.R. Root production and the estimation of net productivity // Can. J. Botany., 1963. Vol. 41. P. 65–72.

Brockmann-Jerosch H. Baumgrenze und Klimacharakter. Zürich: Rascher, 1919 (Pflanzengeographische Kommission der Schweiz. Naturforschender Gesellschaft. Beiträge zur geobotanischen Landesaufname. Vol. 6).

Bröms E., Axelsson B. Variation in carbon allocation pattern as a base for selection in Scots pine // Crop physiology of forest trees / Eds. Tigerstedt P.M.A., Puttonen P., Koski V. Proc. Intern. Conference, Helsinki, 1985. P. 81–93.

Brown J.K. Weight and density of crowns of Rocky Mountain conifers // USDA Forest Serv., Res. Paper INT-197, 1978. 56 p.

Brown S. Present and potential role of forests in the global climate change debate // Unasylva 185, 1996. Vol. 47. P. 3–10.

Brown S., Lugo A. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle // Biotropica, 1982. Vol. 14, No. 3. P. 161–187.

Brown S., Lugo A., Chapman J. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget // Can. J. For. Res., 1986. Vol. 16, No. 2. P. 390–394.

Bruno F., Gratani L., Manes F. Primi dati sulla biomassa e produttività della lecceta di Castelporziano (Roma): biomassa e produzione di *Quercus ilex* // Annali di Botanica (Roma), 1976–1977. Vol. 35–36. P. 109–118 (итал.).

Buckland S.T., Campbell C.D., Mackie-Dawson L.A. et al. A method for counting roots observed in minirhizotrons and their theoretical conversion to root length density // Plant and Soil., 1993. Vol. 153. P. 1–9.

Bugmann H., Pfister C. Impacts of interannual climate variability on past and future forest composition // Reg. Environ. Change., 2000. № 1. P. 112–125.

Burger H. Holz, Blattmenge und Zuwachs. 1. Mitteilung: Die Weymouthföhre // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen, 1929. Bd 15. H. 1. S. 243–292.

Burger H. Holz, Blattmenge und Zuwachs. VIII. Die Eiche // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen, 1947. Bd 25. H. 1. S. 211–279.

Burger H. Holz, Blattmenge und Zuwachs. 13. Mitteilung: Fichten in gleichaltrigen Hochwald // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen, 1953. Bd 29. H. 1. S. 38–130.

Burrows W.H., Hoffmann M.B., Compton J.F. et al. Allometric relationships and community biomass estimates for some dominant eucalypts in Central Queensland woodlands // Australian J. Botany, 2000. Vol. 48. P. 707–714.

Büsgen M. Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena, 1897. 164 s.

Büsgen M. Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln // Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 1901. Bd 72. S. 273–278.

Busse W. Baumkrone und Schaftzuwachs // Forstwissenschaftl. Centralblatt, 1930. Bd 52. S. 310–318.

Butnor J.R., Doolittle J.A., Kress L. et al. Use of ground-penetrating radar to study tree roots in the southeastern United States // Tree Physiology, 2001. Vol. 21. P. 1269–1278.

Cabanettes A., Rapp M. Biomasse, minéralomass et productivité d'un écosystème à Pins pignon (*Pinus pinea* L.) du littoral méditerranéen. I. Biomasse // Oecol. Plant., 1978. Vol. 13. P. 271–286.

Электронный архив УГЛТУ

Cairns M.A., Brown S., Helmer E.H., Baumgardner G.A. Root biomass allocation in the world's upland forests // Oecologia (Berlin), 1997. Vol. 111. P. 1–11.

Calamini G., Gregori E., Hermanin L. et al. Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: biomassa e produzione primaria netta epigea (Study on a beech stand of Central Italy: aboveground biomass and net primary production) // Ann. Istituto Sperimentale Studio e Difesa del Suolo, Firenze, 1983. Vol. 14. P. 193–214 (итал.).

Calamini G., Gregori E., Hermanin L., Lopresti R. Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese. Ulteriori indagini su biomassa e produzione primaria netta: distribuzione nelle componenti delle chiome (Study on a beech stand of Central Italy. Further investigations on biomass and net primary production: distribution in the crown components) // Ann. Accademia Italiana di Scienze Forestali, 1989. Vol. 37. P. 373–399 (итал.).

Canadell J., Riba M., Andrés P. Biomass equations for *Quercus ilex* L. in the Montseny Massiv, Northeastern Spain // Forestry, 1988. Vol. 61, No. 2. P. 137–147.

Canadell J., Roda F. Root biomass of *Qurcus ilex* in a montane Mediterranean forest // Can. J. For. Res., 1991. Vol. 21. P. 1771–1778.

Cañellas I., San Miguel A. Biomass of root and shoot systems of *Quercus coccifera* shrublands in Eastern Spain // Ann. For. Sci. (INRA), 2000. Vol. 57. P. 803–810.

Cannell M.G.R. World forest biomass and primary production data. London: Acad. Press, 1982. 391 p.

Cannell M.G.R. Physiological basis of wood production: a review // Scand. J. For. Res., 1989. Vol. 4, No. 4. P. 459–490.

Cannell M.G.R., Milne R. Carbon pools and sequestration in forest ecosystems in Britain // Forestry, 1995. Vol. 68, No. 4. P. 361–378.

Cantiani M. Tavola di produttivita della biomassa arborea // Ricerche Sperimentale di Dendrometria e di Auxometria. Fascicolo V. Prime indagini sulla biomassa dell' abete bianco. Instituto di Assestamento Forestale, Facolta di Agraria, Universita degli studi di Firenze. Florence, 1974. P. 41–57.

Carboinvent: Multi-Source Inventory Methods for Quantifying Carbon Stocks and Stocks Changes in European Forests. Austria, November 2003. 8 p.

Carpenter J. R. An ecological glossary. N.Y., L.: Hafner Publ. Co, 1962. 306 p.

Cermák J., Riguzzi F., Ceulemans R. Scaling up from the individual tree to the stand level in Scots pine. I. Needle distribution, overall crown and root geometry // Ann. Sci. Forest., 1998. Vol. 55. P. 63–88.

Černý M. Biomass of *Picea abies* (L.) Karst. in midwestern Bohemia // Scand. J. For. Res., 1990. Vol. 5. P. 83–95.

Chapin F.S.III. The mineral nutrition of wild plants // Annu. Rev. Ecol. Syst., 1980. Vol. 11. P. 233–260.

Chave J., Condit R., Aguilar S. et al. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates // Phil. Trans. Royal Soc. London B., 2004. Vol. 359. P. 409–420.

Chen X.-W. Modeling the effects of global climatic change at the ecotone of boreal larch forest and temperate forest in Northeast China // Climatic Change, 2002. Vol. 55. P. 77–97.

Chen B., Chen C. A preliminary study on the biomass and production of *Picea koraiensis* Nakai forest communities in the dune // Sci. Silvae Sinica, 1980. Vol. 40. P. 269–277 (кит.).

Chen W., Chen J., Liu J., Cihlar J. Approaches for reducing uncertainties in regional forest carbon balance // Global Biogeochemical Cycles, 2000. Vol. 14, No. 3. P. 827–838.

Chen L., Xiao Y., Gai Q., Ji W. Preliminary study of community biomass of *L. principis-rupprechtii* in Pangquangou natural conservation area: structure, biomass and NPP // J. Shanxi Agric. Univ., 1991. Vol. 11, No. 3. P. 240–247 (кит.).

Cheng Y., Li Z. Preliminary study of biomass of three forest types of *Larix gmelinii* // Inner Mongolian For. Invest. Des., 1989. Vol. 7, No. 4. P. 29–39 (кит.).

Chloupek O. The relationship between electric capacitance and some other parameters of plant roots // Biologia Plantarum (Praha), 1972. Vol. 14, No. 3. P. 227–230.

Chloupek O. Die Bewertung des Wurzelsystems von Senfpflanzen auf Grund der dielektrischen Eigenschaften und mit Rücksicht auf den Endertrag // Biologia Plantarum (Praha), 1976. Vol. 18, No. 1. P. 44–49.

Chloupek O. Evaluation of the size of a plant's root system using its electrical capacitance // Plant and Soil., 1977. Vol. 48, No. 2. P. 525–532.

Claesson S., Sahlén K., Lundmark T. Functions for biomass estimation of *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. from stands in Northern Sweden with high stand densities // Scand. J. For. Res., 2001. Vol. 16. P. 138–146.

Электронный архив УГЛТУ

Clark A.III, Taras M.A. Biomass of shortleaf pine in a natural sawtimber stand in Northern Mississippi // USDA Forest Serv., Res. Paper SE-146, 1976. 32 p.

Clark D.A., Brown S., Kicklighter D.W. et al. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods // Ecological Applications, 2001. Vol. 11, No. 2. P. 356–370.

Cochran W.G. Sampling techniques. 3. Ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 428 p.

Cole D.W., Rapp M. Elementar cycling in forest ecosystems // Dynamic properties of forest ecosystems. IBP-23. Ed. Reichle D.E. Cambridge: Univ. Press, 1981. P. 341–409.

Comas L.H., Eissenstat D.M., Lakso A.N. Assessing root death and root system dynamics in a study of grape canopy pruning // New Phytologist, 2000. Vol. 147. P. 171–178.

Comeau P.G., Kimmins J.P. Above- and below-ground biomass and production of lodgepole pine on sites with differing soil moisture regimes // Can. J. For. Res., 1989. Vol. 19. P. 447–454.

Conlin T.S., Lieffers V.J. Seasonal growth of black spruce and tamarack roots in an Alberta peatland // Can. J. Bot., 1993. Vol. 71. P. 359–360.

Conrad V. Usual formulas of continentality and their limits of validity // Trans. Amer. Geophys. Union., 1946. Vol. 27. P. 663–664.

Conroy J.P., Milham P.J., Reed M.L., Barlow E.W. Increases in phosphorus requirements for CO_2-enriched pine species // Plant Physiology, 1990. Vol. 92. P. 977–982.

Cornelissen J.H.C., Lavorel S., Garnier E. et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide // Australian J. Botany, 2003. Vol. 51. P. 335–380.

Costin A.B. The high mountain vegetation of Australia // Australian J. Botany, 1957. Vol. 5. P. 173–189.

Cottam G., Curtis J. T., Hale B.W. Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals // Ecology, 1953. Vol. 34, No. 4. P. 741–757.

Crick J.C., Grime J.P. Morphological plasticity and mineral nutrient capture in two herbaceous species of contrasted ecology // New Phytologist., 1987. Vol. 107. P. 403–414.

Cullen L.E., Stewart G.H., Duncan R.P., Palmer J.G. Disturbance and climate warming influences on New Zealand *Nothofagus* tree-line population dynamics // J. Ecology, 2001. Vol. 89. P. 1061–1071.

Däniker A. Biologische Studien über Baum- und Waldgrenze, insbesondere über die klimatischen Ursachen und deren Zusammenhänge // Vierteljahresschrift Naturforsch. Ges. Zürich, 1923. Bd 68. S. 1–102.

Dash G.C., Rout M.C., Sahoo A., Das P. Biomass equations for *Casuarina equisetifolia* // Indian J. of Forestry, 1991. Vol. 114, No. 1. P. 28–32.

DeAngelis D.L., Gardner R.H., Shugart H.H. Productivity of forest ecosystems studied during the IBP: The woodlands data set // Dynamic properties of forest ecosystems. IBP-23. Ed. Reichle D.E. Cambridge: Univ. Press, 1981. P. 567–672.

Deans J.D. Fluctuations of the soil environments and fine root growth in a young Sitka spruce plantation // Plant and Soil., 1979. Vol. 52. P. 195–208.

Deans J.D. Dynamics of coarse root production in a young plantation of *Picea sitchensis* // Forestry, 1981. Vol. 54, No. 2. P. 139–155.

Deevey E.S. The human population // Scientific American, 1960. Vol. 10. P. 1–9.

De Ruijter F.J., Veen B.W., Van Oijen M. A comparison of soil core sampling and minirhizotrons to quantify root development of field-grown potatoes // Plant and Soil, 1996. Vol. 182. P. 301–312.

Devillez F., Jain T.C., Marynen T. et al. Structure et biomasse d'une hêtraie en Haute-Ardenne // Bulletin de la Classe des Sciences. Acad. Royale de Belgique, 1973. 5e série. T. 59. P. 303–331.

Dieskau von. Das regelmäßige Versetzen von Bäumen in Wäldern und Gärten. Berlin, 1776.

Ding B., Liu S., Cai T. Studies on biological productivity of artificial forests of Dahurian larches // Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica, 1990. Vol. 14, No. 3. P. 226–236 (кит.).

Ding B., Sun J. Accumulation and distribution of productivity and nutrient element in natural manchurian ash // J. of Northeast Forestry University, 1989. Vol. 17, No. 4. P. 1–9 (кит.).

Dove von. Über den Zusammenhang der Wärmeänderung der Atmosphäre mit der Entwickelung der Pflanzen. Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1846. 69 s.

Drift J. van der. Project Meerdink: Production and decomposition of organic matter in an oak woodland. Final report 1966–71 of the Netherlands contribution to the IBP. Amsterdam: North Holland Publication Co., 1974. P. 26–32.

Электронный архив УГЛТУ

Droste zu Hülshoff B.F. Struktur und Biomasse eines Fichtenbestandes auf Grund einer Dimensionsanalyse an oberirdischen Baumorganen: Dissertation. München, 1969. 222 s.

Duhamel du Monceau H. Des semis et plantations des arbres, et de leur culture. Paris: Guerin Delatour, 1760. 383 p.

Duvigneaud P., Denaeyer-De Smet S., Kestemont P. Productivité primaire de forêts Belges de types varies // Productivité biologique en Belgique. Ed. P. Duvigneaud, P. Kestemont. SCOPE: Editions Duculot, Paris–Gembloux, 1977a. P. 489–500.

Duvigneaud P., Kestemont P., Timperman J., Moniquet J. C. La hêtraie ardennaise à *Festuca altissima* à Mirwart. Biomasse et productivité primaire // Productivité biologique en Belgique. Eds. P. Duvigneaud, P. Kestemont. SCOPE: Editions Duculot, Paris–Gembloux, 1977b. P. 107–154.

Ebermayer E. Die gesamte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues. Berlin: Springer, 1876. 116 p.

Edwards N.T., Harris W.F. Carbon cycling in a mixed deciduous forest floor // Ecology, 1977. Vol. 58. P. 431–437.

Ehrenfeld J.G., Kaldor E., Parmelee R.W. Vertical distribution of roots along a soil toposequence in the New Jersey Pineland // Can. J. For. Res., 1992. Vol. 22. P. 1929–1936.

Eissenstat D.M., Wells C.E., Yanai R.D., Whitbeck J.L. Building roots in a changing environment: implications for root longevity // New Phytologist, 2000. Vol. 147. P. 33–42.

Eissenstat D.M., Van Rees K.C.J. The growth and function of pine roots // Ecol. Bul., 1994. Vol. 43. P. 76–91.

Elkington T.T., Jones B.M.G. Biomass and primary productivity of birch (*Betula pubescens* S.Lat.) in south-west Greenland // J. Ecol., 1974. Vol. 62. P. 821–830.

Elowson S., Rytter L. Biomass distribution within willow plants growing on a peat bog // Ecology and Management of Forest Biomass Production Systems. Ed. Perttu K. Dept. Ecol. & Environ. Res., Swed. Univ. Agric. Sci., Rep. 15. 1984. P. 325–334.

Engler A. Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten // Mitteilungen der schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, 1903. Bd VII. S. 247–317.

Enquist B.J., Niklas K.J. Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants // Science, 2002. Vol. 295. P. 1517–1520.

Enquist B.J., West G.B., Charnov E.L., Brown J.H. Allometric scaling of production and life-history variation in vascular plants // Nature, 1999. Vol. 401. P. 907–911.

Ephrath J.E., Silberbush M., Berliner P.R. Calibration of minirhizotron readings against root length density data obtained from soil cores // Plant and Soil, 1999. Vol. 209. P. 201–208.

Epron D., Farque L., Lucot E., Badot P.-M. Soil CO_2 efflux in a beech forest: the contribution of root respiration // Ann. For. Sci., 1999. Vol. 56. P. 289–295.

Eshel A. On the fractal dimensions of a root system // Plant, Cell and Environment, 1998. Vol. 21. P. 247–251.

Espinosa Bancalari M.A., Perry D.A. Distribution and increment of biomass in adjacent young Douglas-fir stands with different early growth rates // Can. J. For. Res., 1987. Vol. 17. P. 722–730.

Esser G., Lieth H.F.H., Scurlock J.M.O., Olson R.J. Worldwide estimates of net primary productivity derived from pre-1982 publications. ORNL Technical Memorandum TM-13485. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA, 1997.

Ewers F.W., Schmid R. Longevity of needle fascicles of *Pinus longaeva* (bristlecone pine) and other North American pines // Oecologia, 1981. Vol. 51. P. 107–115.

Fairley R.I., Alexander I.J. Methods of calculating fine root production in forests // Ecological interactions in soil. Vol. 4. Eds. A. Fitter et al. Special Publication of the British Ecological Society. Oxford, 1985. P. 37–42.

Feng Lin, Yang Yugong. A study on biomass and production of three types of Dahurian larch virgin forest // Scientia Silvae Sinicae, 1985. Vol. 21, No. 1. P. 86–92 (кит.).

Feng Lin, Yang Yugong. Biomass and production of three types of Dahurian larch virgin forest in the Great Xinganlin Mountains, China // USDA Forest Service, Intermountain Research Station. GTR-INT-319 (Ecology and Management of *Larix* forests: A look ahead. Proc. Intern. Symp.), 1995. P. 240–243.

Ferguson J.C., Smucker A.J.M. Modification of the minirhizotron video camera systems for measuring spatial and temporal root dynamics // Soil Sci. Soc. Amer. J., 1989. Vol. 53. P. 1601–1605.

Ferres L.L., Roda F., Verdu A.M.C., Terradas J. Estructura y funcionalismo de un encinar montano en el Montseny. II. Biomasa arborea // Mediterránea, 1980.Vol. 4. P. 23–36.

Электронный архив УГЛТУ

Fiedler F. Die Dendromasse eines hiebsreifen Fichtenbestanden // Beitr. Forstwirtschaft, 1986. Hf 20, No. 4. S. 171–180.

Field C.B., Randerson J.T., Malmstrom C.M. Global net primary production: combining ecology and remote sensing // Remote Sens. Environ., 1995. Vol. 51. P. 74–88.

Fogel R. Root turnover and productivity of coniferous forests // Plant and Soil, 1983. Vol. 71. P. 75–85.

Fogel R. Roots as primary producers in below-ground ecosystems // Ecological interactions in soil. Vol. 4. Eds. A. Fitter et al. Special Publication of the British Ecological Society. Oxford, 1985. P. 23–36.

Fogel R. Root turnover and production in forest trees // HortScience, 1990. Vol. 25. P. 270–273.

Fogel R., Hunt G. Fungal and arboreal biomass in a western Oregon Douglas-fir ecosystem: distribution patterns and turnover // Can. J. For. Res., 1979. Vol. 9. P. 245–256.

Foley J.A. Numerical models of the terrestrial biosphere // J. Biogeog., 1995. Vol. 22. P. 837–842.

Fonda R.W. Ecology of alpine timberline in Olympic National Park // Proc. 1-st Conf. Sci. Res. National Parks, New Orleans. Washington, 1979. Vol. 1. P. 209–212.

Ford E.D. High productivity in a polestage Sitka spruce and its relation to canopy structure // Forestry, 1982. Vol. 55. № 1. P. 1–17.

Ford E.D., Deans J.D. Growth of a Sitka spruce plantation: spatial distribution and seasonal fluctuations of length, weights and carbohydrate concentrations of fine roots // Plant and Soil, 1977. Vol. 47, No. 2. P. 463–485.

Ford E.D., Newbould P.J. Stand structure and dry weight production through the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice cycle // J. Ecol., 1970. Vol. 58. P. 275–296.

Forrest W.G. The estimation of oven dry weight // Austr. For. Res., 1968. Vol. 3. P. 41–46.

Forward D.F., Nolan N.J. Growth and morphogenesis in the Canadian forest species. IV. Radial growth in branches and main axis of *Pinus resinosa* Ait under conditions of open growth, supression and release // Can. J. Botany, 1961. Vol. 39. P. 385–409.

Fowler A., Low K., Stone J. Earth observation for sustainable development: Using space-based technology for monitoring Canada's forests // Information Forestry. April 2002. Canadian Forest Service. Pacific Forestry Centre. Victoria; British Columbia. P. 6–7.

Frey T. IBP research at the Vooremaa forest ecology station // Spruce Forest Ecosystem Structure and Ecology. Vol. 1. (Estonian IBP Report, 11). Tartu, 1977. P. 21–36.

Frey T., Koppel A. Puude taga on mets // Horisont, 1983. № 12. P. 13–18 (эст.).

Friend A.L., Scarascia-Mugnozza G., Isebrands J.G., Heilman P.E. Quantification of two-year-old hybrid poplar root systems: morphology, biomass and ^{14}C distribution // Tree Physiology, 1991. Vol. 8. P. 109–119.

Frivold L.H., Borchgrevink I. Biomass yield of silver birch (*Betula verrucosa* Ehrh.) in a 6 years old trial plantation at Ås, Norway // Meldinger fra Norges Landbrukshogskole, 1981. Vol. 60, No. 12. P. 1–17.

Fujimori T., Yamamoto K. Productivity of *Acacia dealbata* stands. A report of 4 years old stands in Okayama Prefecture // J. Jap. For. Soc., 1967. Vol. 49. P. 143–149.

Fujimori T. Primary productivity of a young *Tsuga heterophylla* stand and some speculations about biomass of forest communities on the Oregon coast // USDA Forest Serv., Research Paper PNW-123, 1971. 11 p.

Fung I.Y., Tucker C.J., Prentice K.C. Application of advanced very high resolution radiometer vegetation index to the study of atmosphere-biosphere exchange of CO_2 // J. Geophys. Res., 1987. Vol. 92. P. 2999–3015.

Gerhardt K., Fredriksson D. Biomass allocation by broad-leaf mahogany seedlings, *Swietenia macrophylla* (King), in abandoned pasture and secondary dry forest in Guanacaste, Costa Rica // Biotropica, 1995. Vol. 27. P. 174–182.

Gholz H.L. Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest // Ecology, 1982. Vol. 63, No. 2. P. 469–481.

Gholz H.L., Hendry L.C., Cropper W.P.J. Organic matter dynamics of fine roots in plantations of slash pine (*Pinus elliottii*) in north Florida // Can. J. For. Res., 1986. Vol. 16. P. 529–538.

Gifford R.M. Carbon content of woody roots: Revised analysis and a comparison with woody shoots components. National Carbon Accounting System. Techn. Report No. 7. Australian Greenhouse Office, 2000. 10 p.

Gifford R.M., Barrett D.J. The carbon content of soil and vegetation in selected areas: Changes in soil and plant tissue carbon and nitrogen contents after clearing to pasture and conversion

Электронный архив УГЛТУ

to forest // Consultancy report to the Australian National Greenhouse Gas Inventory. Australian Greenhouse Office, 1999. 81 p.

Gill R.A., Jackson R.B. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems // New Phytol., 2000. Vol. 147. P. 13–31.

Global BIOME Program. U.S. Corvallis: Environmental Agency, 1991. 8 p.

Global forest resources assessment 2000: Main report. FAO Forestry Paper. Rome, 2001. Vol. 140. 479 p.

Gower S.T. Relations between mineral nutrient availability and fine root biomass in two Costa Rican tropical wet forests: a hypothesis // Biotropica, 1987. Vol. 19, No. 2. P. 171–175.

Gower S.T., Grier C.C., Vogt D.D., Vogt K.A. Allometric relations of deciduous (*Larix occidentalis*) and evergreen conifers (*Pinus contorta* and *Pseudotsuga menziesii*) of the Cascade Mountains in central Washington // Can. J. For. Res., 1987. Vol. 17. P. 630–634.

Gower S.T., Krankina O., Olson R.J. et al. Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems // Ecological Applications. 2001. Vol. 11, No. 5. P. 1395–1411.

Gower S.T., Vogel J.G., Norman J.M. et al. Carbon distribution and aboveground net primary production in aspen, jack pine and black spruce stands in Saskatchewan and Manitoba, Canada // J. Geophys. Res., 1997. Vol. 102, No. D24. P. 29–41.

Gower S.T., Vogt K.A., Grier C.C. Carbon dynamics of Rocky Mountain Douglas-fir: influence of water and nutrient availability // Ecological Monographs. 1992. Vol. 62. P. 43–65.

Granier A. Etude des relations entre la section du bois d'aubier et la masse foliaire chez le Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) // Ann. Sci. Forest., 1981. Vol. 38, No. 4. P. 503–512.

Grier C.C., Logan R.S. Old-growth *Pseudotsuga menziesii* communities of a western Oregon watershed: biomass distribution and production budget // Ecological Monographs, 1977. Vol. 47. P. 373–400.

Grier C.C., Vogt K.A., Keyes M.R., Edmonds R.L. Biomass distribution and above- and belowground production in young and mature *Abies amabilis* ecosystems of the Washington Cascades // Can. J. For. Res., 1981. Vol. 11, No. 1. P. 155–167.

Griggs R.F. The edge of the forest in Alaska and the reasons for its position // Ecology, 1934. Vol. 15, No. 2. P. 80–96.

Griggs R.F. The timberlines of Northern America and their interpretation // Ecology, 1946. Vol. 27, No. 4. P. 275–289.

Grosskopf W. Bestimmung der charakteristischen Feinwurzelintensitäten in ungünstigen Waldbodenprofilen und ihre ökologische Auswertung // Mitt. d. Bundesanstalt. für Forst- und Holzwirtsch., 1950. No. 11. S. 1–19.

Grote R. Foliage and branch biomass estimation of coniferous and deciduous tree species // Silva Fennica, 2002. Vol. 36, No. 4. P. 779–788.

Guź M.M. Kompleksowa metoda badań systemów korzeniowych roślin drzewiastych (Комплексный метод исследования корневых систем древесных растений) // Acta Agraria et Silvestria. Series silvestris (Kraków), 1990. Vol. 29. S. 17–29 (польск.).

Hacquet. Mineralogisch-botanische Lustreise von dem Berge Terglou in Krain zu dem Berge Glockner in Tirol. Berlin, 1779.

Haland B., Bräkke F.H. Distribution of root biomass in a low-shrub pine bog // Scand. J. For. Res., 1989. Vol. 4. P. 307–316.

Hales St. Die Statik der Gewächse. Berlin, 1748.

Harada H., Satoo H., Hotta I., Tadaki Y. On the amount of nutrient contained in 28-year-old *Cryptomeria* forest (*C. japonica* D. Don) and *Chamaecyparis* forest (*C. obtuse* Sieb. et Zucc.) // J. Jap. For. Soc., 1969. Vol. 51. P. 125–133.

Harada H., Satoo H., Hotta I., Hatiya K., Tadaki Y. Study on the nutrient contents of mature *Cryptomeria* forest // Bull. Government. Forest Exper. Station Tokyo, 1972. Vol. 249. P. 17–74.

Harris W.F., Goldstein R.A., Henderson G.S. Analysis of forest biomass pools, annual primary production and turnover of biomass for a mixed deciduous forest watershed // IUFRO biomass studies. Ed. Young H.E. Orono: University of Maine, USA, 1973. P. 43–64.

Harris W.F., Kinerson R.S., Edwards N.T. Comparison of belowground biomass of natural deciduous forests and loblolly pine plantations // Pedobiologia, 1977. Vol. 17. P. 369–381.

Hartig R. Wachstumsuntersuchungen an Fichten // Forstlich-Naturwissenschaftl. Zeitschrift, 1896. Bd 5. S. 1–15, 33–45.

Hartig Th. Über die Zeit des Zuwachses der Baumwurzeln // Bot. Zeitung, 1863a. Bd 21. S. 288–289.

Электронный архив УГЛТУ

Hartig Th. Über das sogenannte Absterben der Haarwurzeln (racines chevelues Duham.) // Bot. Zeitung, 1863b. Bd 21. S. 289.

Hartmann F.K. Ergebnisse klimatisch-ökologischer Untersuchungen an Waldgesellschaften in deutschen Mittelgebirgen // Allg. Forst- und Jagdzeitung, 1972. Bd. 143, No. 2. S. 21–35.

Hatiya K., Doi K., Kobayashi R. Analysis of the growth of Japanese red pine (*Pinus densiflora*) stands. A report on the matured plantation in Iwate prefecture // Bull. Governm. Forest Exp. Station Tokyo, 1965. Vol. 176. P. 75–88.

Hatiya K., Tochiaki K., Fujimori T. Analysis on the growth of a young larch (*Larix leptolepis*) plantation with excessively high stand density // J. Jpn. For. Soc., 1966. Vol. 48, No. 12. P. 445–448.

Hatiya K., Tadaki Y., Karizumi N., Harada A. Primary productivity of Japanese red pine forests – relation of productivity to stand age in dense stands // Primary productivity of artificially managed forests. Ed. T. Satoo. Progress report for 1967. 1968. P. 27–30 (япон.).

Havas P., Kubin E. Structure, growth and organic matter content in the vegetation cover of an old spruce forest in Northern Finnland // Ann. Bot. Fennici., 1983. Vol. 20. P. 115–149.

Haxeltine A., Prentice I.C. BIOME-3: An equilibrium terrestrial biosphere model based on ecophysiological constraints, resource availability and competition among plant functional types // Global Biogeochem. Cycles., 1995. Vol. 10. P. 693–709.

Head G.C. Methods for the study of production in root systems // Methods of study in soil ecology. Ed. Philipson J. / Proc. Paris Symp. UNESCO, 1970. P. 151–157.

Hellrigl B. Relazioni e tavole della biomassa arborea // Ricerche Sperimentale di Dendrometria e di Auxometria. Fascicolo V. Prime indagini sulla biomassa dell'abete bianco. Instituto di Assestamento Forestale, Facolta di Agraria, Universita degli studi di Firenze. Florence, 1974. P. 1–40 (итал.).

Helmisaari H.-S., Makkonen K., Kellomäki S. et al. Below- and aboveground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in eastern Finland // Forest Ecol. Manage., 2002. Vol. 165, No. 1–3. P. 317–326.

Hendrick R.L., Pregitzer K.S. Spatial variation in tree root distribution and growth associated with minirhizotrons // Plant and Soil, 1992. Vol. 143. P. 283–288.

Hendrick R.L., Pregitzer K.S. The dynamics of fine root length, biomass, and nitrogen content in two northern hardwood ecosystems // Can. J. For. Res., 1993. Vol. 23. P. 2507–2520.

Hendrick R.L., Pregitzer K.S. Applications of minirhizotrons to understand root function in forests and other natural ecosystems // Plant and Soil, 1996. Vol. 185. P. 293–304.

Hendrickson A.H., Veihmeyer F.J. Influence of dry soil on root extension // Plant Physiol., 1931. Vol. 6. P. 567–576.

Hendriks C.M.A., Bianchi F.J.J.A. Root density and root biomass in pure and mixed forest stands of Douglas-fir and beech // Netherlands J. of Agricultural Science, 1995. Vol. 43. P. 321–331.

Hermann R.K. Growth and production of tree roots: a review // The belowground ecosystem: A synthesis of plant-associated processes. Ed. Marshall J.K. Fort Collins; Range science department. Sci. Ser. 26. Colorado state univ., 1977. P. 7–28.

Hermes K. Die Lage der oberen Waldgrenze in der Gebirgen der Erde und ihr Abstand zur Schneegrenze. Universität Köln: Geographisches Institut, 1955 (Kölner geographische Arbeiten. Bd 5).

Hertel D., Leuschner C. A comparison of four different fine root production estimates with ecosystem carbon balance data in a *Fagus–Quercus* mixed forest // Plant and Soil, 2002. Vol. 239. P. 237–251.

Hirai S. Studies on the weight-growth of forest trees. 1. *Larix leptolepis* Grodon of Fuji University Forest // Bull. Tokyo Univ. For., 1947. Vol. 35. P. 91–105.

Hodge A. The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients // New Phytologist, 2004. Vol. 162. P. 9–24.

Holdridge L.R. Determination of world plant formations from simple climatic data // Science, 1947. Vol. 105. P. 367–368.

Holdridge L.R. Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center, 1967. 206 p.

Holmen H. Forest ecological studies on drained peat land in the province of Uppsala, Sweden. Parts I–III // Studia Forestalia Suecica, 1964. Vol. 16. P. 1–236.

Holtmeier F.-K. Waldgrenze im Oberengadin in ihrer physiognomischen und ökologischen Differenzierung. Bonn, 1967. 164 S.

Holtmeier F.-K. Mountain Timberlines: Ecology, Patchiness and Dynamics: Dordrecht, Boston, London: Kluwer Acad. Publishers, 2003. 369 p.

Электронный архив УГЛТУ

Houghton R.A. Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different? // Global Change Biology, 2003. Vol. 9. P. 500–509.

Hruska L., Cermak J., Sustek S. Mapping tree root systems with ground-penetrating radar // Tree Physiology, 1999. Vol. 19. P. 125–130.

Huber B. Die physiologische Leistungsfahigkeit des Wasserleitungssystems der Pflanze // Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft, 1925. Bd 43. S. 410–418.

Huber B. Weitere quantitative Untersuchungen über das Wasserleitungssystem der Pflanzen // Jahrb. Wiss. Bot., 1928. Ht 67. S. 877–959.

Hughes M.K. Tree biocontent, net production and litterfall in a deciduous woodland // Oikos, 1971. Vol. 22, No. 1. P. 62–73.

Huxley J. Problems of relative growth. London: Methuen and Co., 1932. 296 p.

Hytteborn H. Deciduous woodland at Andersby, eastern Sweden. Above-ground tree and shrub production // Acta Phytogeogr. Suec., 1975. Vol. 61. P. 1–96.

Ives J.D. Remarks on the stability of timberline // Geoecological relations between the southern temperate zone and the tropical mountains. Eds. Troll C., Lauer W. Wiesbaden: Franz Steiner, 1978. P. 313–317.

Jackson R.B., Mooney H.A., Schulze E.D. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents // Proc. National Acad. Sci. USA, 1997. Vol. 94. P. 7362–7366.

Jacobs M.W., Cunia T. Use of dummy variables to harmonize tree biomass tables // Can. J. For. Res., 1980. Vol. 10, No. 4. P. 483–490.

Jakucs P. (ed.). Ecology of an oak forest in Hungary. Results of «Sikfökút Project», 1: Structure, primary production and mineral cycling. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1985. 546 p.

James J.C., Grace J., Hoad S.P. Growth and photosynthesis of *Pinus sylvestris* at its altitudinal limit in Scotland // J. Ecology, 1994. Vol. 82. P. 297–306.

Janssens I.A., Sampson D.A., Curiel-Yuste J. et al. The carbon cost of fine root turnover in a Scots pine forest // Forest Ecol. Manage., 2002. Vol. 168. P. 231–240.

Jenik J. Root structure and underground biomass in equatorial forests // Productivity of forest ecosystems: Proceedings of the Brussels symposium organized by UNESCO and the International Biological Programme. Ed. Duvigneaud P. 1969. Paris, 1971. P. 323–331.

Jenkins J.C., Chojnacky D.C., Heath L.S., Birdsey R.A. Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species. USDA Forest Service. Northeastern Research Station. GTR NE-319. 2004. 45 p. (http://www.fs.fed.us/ne).

Jiang H., Peng C., Apps M.J. et al. Modelling the net primary productivity of temperate forest ecosystems in China with a GAP model // Ecological Modelling, 1999a. Vol. 122. P. 225–238.

Jiang H., Apps M.J., Zhang Y. et al. Modelling the spatial pattern of net primary productivity in Chinese forests // Ecological Modelling., 1999б. Vol. 122. P. 275–288.

Jobbágy E.G., Jackson R.B. Global controls of forest line elevation in the northern and southern hemispheres // Global Ecology and Biogeography, 2000. Vol. 9. P. 253–268.

Jones R.H., Mitchell R.J., Stevens G.N., Pecot S.D. Controls of fine root dynamics across a gradient of gap sizes in a pine woodland // Oecologia, 2003. Vol. 134. P. 132–143.

Joslin J.D., Henderson G.S. The determination of percentages of living tissue in woody fine root samples using triphenyltetrazolium chloride // Forest Sci., 1984. Vol. 30. P. 965–970.

Joslin J.D., Henderson G.S. Organic matter and nutrients associated with fine root turnover in a white oak stand // Forest Sci., 1987. Vol. 33, No. 2. P. 330–346.

Joslin J.D., Wolfe M.H. Disturbances during minirhizotron installation can affect root observation data // Soil Sci. Soc. Amer. J., 1999. Vol. 63. P. 218–221.

Joslin J.D., Wolfe M.H., Hanson P.J. Effects of altered water regimes on forest root systems // New Phytologist, 2000. Vol. 147. P. 117–129.

Kajimoto T., Matsuura Y., Osawa A. et al. Root system development of *Larix gmelinii* trees affected by micro-scale conditions of permafrost soils in central Siberia // Plant and Soil, 2003. Vol. 255. P. 281–292.

Kajimoto T., Matsuura Y., Sofronov M.A. et al. Above- and belowground biomass and annual production rates of a *Larix gmelinii* stand near Tura in Central Siberia // Proc. of the Fifth symposium on the joint Siberian permafrost studies between Japan and Russia in 1996. Japan, Tsukuba: National Inst. Environ. Studies, 1997. P. 119–128.

Kajimoto T., Matsuura Y., Sofronov M.A. et al. Above- and belowground biomass and net primary productivity of a *Larix gmelinii* stand near Tura, Central Siberia // Tree Physiology, 1999. Vol. 19. P. 815–822.

Kan M., Saito H., Shidei T. Studies on the productivity of evergreen broadleaved forests // Bull. Kyoto Univer. For., 1965. Vol. 37. P. 55–75.

Электронный архив УГЛТУ

Kanazawa Y., Osawa A., Ivanov B. I., Maximov T. C. Biomass of a *Larix gmelinii* (Rupr.) Litv. stand in Spasskaya Pad, Yakutsk // Interim Report of Joint Research Project «Carbon Storage and Carbon Dioxide Budget in Forest Ecosystems» between Japan and Russia. Japan, Sapporo: Forestry and Forest Products Research Inst., 1994. P. 37–46.

Kaufman C.M. Root growth of Jack pine on several sites in the Cloquet forest, Minnesota // Ecology, 1945. Vol. 26, No. 1. P. 10–23.

Kawahara T., Kanazawa Y., Sakurai S. Biomass and net production of man-made forests in the Philippines // J. Jap. For. Soc., 1981. Vol. 63. P. 320–327.

Kawahara T., Tadaki Y., Takeuchi I. et al. Productivity and cycling of organic matter in natural *Fagus crenata* and two planted *Chamaecyparis obtusa* forests // Jap. J. Ecol., 1979. Vol. 29. P. 387–395.

Kawanabe S., Tamai S., Tsutsumi T. Effects of thinning on the biomass and the light climate in *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. stand // Bull. Kyoto Univer. For., 1975. Vol. 47. P. 26–33.

Kawanabe S., Saito H., Shidei T. Studies on the effects of thinning small diametered trees. V. Changes in stand conditions and biomass of *Cryptomeria japonica* D. Don. stand during six years after thinning // J. Jap. For. Soc., 1975. Vol. 57. P. 215–223.

Ker M.F., Raalte G.D. Tree biomass equations for *Abies balsamea* and *Picea glauca* in northwestern New Brunswick // Can. J. For. Res., 1981. Vol. 11, No. 1. P. 13–17.

Kern K.G., Moll W., Braun H.J. Wurzel Untersuchungen in Rein- und Mischbeständen des Hochschwarzwaldes (Vfl. Todtmoos 2/I–IV) // Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 1961. Bd 132. S. 241–260.

Kestemont P., Duvigneaud P., Paulet E. Biomase et productivite primaire d'une pessiere a Mirwart (Plantation de *Picea abies*) // Productivite biolodique en Belgique. Paris: Duculot, 1977. P. 161–176.

Ketterings Q.M., Coe R., van Noordwijk M. et al. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests // Forest Ecol. Manage., 2001. Vol. 146. P. 199–209.

Keyes M.R., Grier C.C. Above- and belowground net production in 40-year-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites // Can. J. For. Res., 1981. Vol. 11. P. 599–605.

Kharuk V.I., Ranson K.J., Dvinskaya M.L., Im S.T. Alpian tree line dynamics in the Sayan mountains, South Siberia // Climate changes and their impact on boreal and temperate forests: Abstr. Int. Confer. Ekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2006. P. 42–43.

Kimmins J.P. Forest Ecology. New York: Macmillan Publishing Co., 1986. 930 p.

Kimura M., Mototani I., Hogetsu K. Ecological and physiological studies on the vegetation of Mt. Shimagare.VI. Growth and dry matter production of young *Abies* stand // The Botanical Mag. Tokyo, 1968. Vol. 81. P. 287–296.

King F.H. Natural distribution of roots in field soils // Wisconsin Agricultural Experiment Station. 9th Annu. Rep., 1892. P. 112–120.

Kira T., Ogawa H., Yoda K., Ogino K. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. 4. Dry matter production with special reference to the Khao Chang rain forest // Nature and Life in Southeast Asia, 1967. Vol. 5. P. 149–174.

Kira T., Shidei T. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific // Japan. J. Ecology, 1967. Vol. 17, No. 2. P. 70–87.

Kirdyanov A.V., Knorre A.A., Rigling A. et al. Vegetation and above-ground phytomass changes along an altitudinal transect at the tree-line ecotone of the Putorana mountains (Siberia) // Climate changes and their impact on boreal and temperate forests: Abstr. Int. Confer. Ekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2006. P. 43.

Kittredge J.I. Estimation of amount of foliage of trees and stands // J. of Forestry, 1944. Vol. 42, No. 11. P. 905–912.

Knoch K., Schulze A. Methoden der Klimaklassifikation. Ergänzungsheft 249 zu Petermanns Mitteilungen. Gotha, 1952.

Kochenderfer J.N. Root distribution under some forest types native to West Virginia // Ecology, 1973. Vol. 54, No. 2. P. 445–448.

Kolari P., Pumpanen J., Rannik Ü. et al. Carbon balance of different aged Scots pine forests in Southern Finland // Global Change Biology, 2004. Vol. 10. P. 1106–1119.

Kolchugina T.P., Vinson T.S. Comparison of two methods to assess the carbon budget of forest biomes in the former Soviet Union // Water, Air and Soil Pollution, 1993a. Vol. 70. P. 207–221.

Kolchugina T.P., Vinson T.S. Carbon balance of the continuous permafrost zone of Russia // Climate Research, 1993б. Vol. 3. P. 13–21.

Электронный архив УГЛТУ

König I. Sammlungen praktischer Erfahrungen aus der Forstwissenschaft. Berlin, 1820.

Körner Ch. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation // Oecologia, 1998. Vol. 115. P. 445–459.

Körner Ch. Alpine Plant Life. Berlin, Heidelberg: Springer–Verlag, 1999. 343 p.

Köstler J.N., Brückner E., Bibelriether H. Die Wurzeln der Waldbäume: Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1968. 284 s.

Kral F. Zur Waldgrenzdynamik im Dachsteingebiet // Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und Tiere, 1973. Bd 38. S. 71–79.

Kramer K. Phenology and growth of European trees in relation to climate change. Thesis Landbouw Universiteit Wageningen, 1996. 210 p.

Kramer P.J., Kozlowski T.T. Physiology of woody plants. New York: Acad. Press, 1979.

Kräuchi N. Climate change and forest ecosystems – an overview // Long-term implication of climate change and air pollution on forest ecosystems. Progress report of the IUFRO Task Force «Forest, Climate and Air Pollution» / Ed. Schläpfer R. Vienna, IUFRO; Birmensdorf, WSL, 1993. P. 53–76 (IUFRO World Series. Vol. 4).

Krauss G.A., Wobst W., Gärtner G. Humusauflage und Bodendurchwurzelung im Eibenstocker Granitgebiet // Tharandter Forstl. Jahrbuch, 1934. Bd 85. S. 290–370.

Kubiske M.E., Pregitzer K.S., Zak D.R., Mikan C.J. Growth and C allocation of *Populus tremuloides* genotypes in response to atmospheric CO_2 and soil N availability // New Phytologist, 1998. Vol. 140. P. 251–260.

Kullman L. Holocene history of the forest-alpine tundra ecotone in the Scandes Mountains (Central Sweden) // New Phytologist, 1988. Vol. 108. P. 101–110.

Kullman L. Dynamics of altitudinal tree-limits in Sweden: A review // Nor. Geogr. Tidsskrift., 1990. Vol. 44. P. 103–116.

Künstle E., Mitscherlich G., Hädrich F. Gaswechseluntersuchungen in Kiefernbeständen im Trockengebiet der Oberrheinebene // Allgem. Forst- und Jagdzeitung, 1979. Bd 150, Ht 11/12. S. 205–228.

Kuntz J.E., Riker A.J. The use of radioactive isotopes to ascertain the role of root grafting in the translocation of water, nutrients and disease-inducing organisms among forest trees // Proc. Intern. Confer. Peaceful Uses Atomic Energy. Geneva, 1956. Vol. 12. P. 144–145.

Kurbanov E.A. Carbon in pine forest ecosystems of Middle Zavolgie, Russia. Joensuu, Finland: European Forest Institute, 2000. Int. Rep. No. 2. 30 p.

Kurz W.A., Beukema S.J., Apps M.J. Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the Canadian forest sector // Can. J. Forest Res., 1996. Vol. 26. P. 1973–1979.

Kurz W.A., Kimmins J.P. Analysis of some sources of error in methods used to determine fine root production in forest ecosystems: a simulation approach // Can. J. For. Res., 1987. Vol. 17. P. 909–912.

Kyoto Protocol to the United Nations framework convention on climate change. 1997. 23 p.

Ladefoged K. Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln // Forstl. Forsogsv. Danmark, 1939. Vol. 16. S. 1–256.

Laiho R., Laine J. Tree stand biomass and carbon content in an age sequence of drained pine mires in southern Finland // Forest Ecol. Manage, 1997. Vol. 93. P. 161–169.

Laitakari E. The root system of pine. A morphological investigation // Acta Forest Fenniae, 1929. Vol. 33, No. 1. P. 1–380 (фин.).

Lamlom S.H., Savidge R.A. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 American species // Biomass and Bioenergy, 2003. Vol. 25. P. 381–388.

Lauenroth W.K., Hunt H.W., Swift D.M., Singh J.S. Replay to Vogt et al. // Ecology, 1986. Vol. 67. P. 580–582.

Leonardi S., Rapp M. Phytomasse et minéralomasse d'un taillis de chêne vert du massif de l'Etna // Ecologia Méditerranea, 1982. Vol. 8, No. 3. P. 125–138.

Le Goff N., Ottorini J.-M. Leaf development and stem growth of ash (*Fraxinus excelsior*) as affected by tree competitive status // J. of Applied Ecology, 1996. Vol. 33. P. 793–802.

Le Goff N., Ottorini J.-M. Root biomass and biomass increment in a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in North-East France // Ann. For. Sci. (INRA), 2001. Vol. 58. P. 1–13.

Lehtonen A., Mäkipää R., Heikkinen J. et al. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests // Forest Ecology and Management, 2004. Vol. 188. P. 211–224.

Электронный архив УГЛТУ

Lemée G. La hêtraie naturelle de Fontainebleau // Problèmes d'Ecologie: Structure et Fonctionnement des Ecosystemes Terrestres. Eds. Lamotte M., Bourlière F. Masson, Paris, New York, Barcelona and Milan, 1978. P. 75–127.

Leshem B. The annual activity of intermediary roots of the Aleppo pine // Forest Sci., 1965. Vol. 11. P. 291–298.

Lewis J.D., Thomas R.B., Strain B.R. Effect of elevated CO_2 on mycorrhizal of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings // Plant and Soil, 1994. Vol. 165. P. 81–88.

Li W., Deng K., Li F. Study on biomass and primary production of main ecosystems in Changbai mountain // Research of Forest Ecosystem, 1981. No. 2. P. 34–50 (кит.).

Li Z., Kurz W.A., Apps M.J., Beukema S.J. Belowground biomass dynamics in the carbon budget model of the Canadian forest sector: recent improvements and implications for the estimation of *NPP* and *NEP* // Can. J. For. Res., 2003. Vol. 33. P. 126–136.

Lieth H. The determination of plant dry-matter production with special emphasis on the underground parts // Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level: Proc. Copenhagen Symp. Ed. F.E. Eckardt. Paris: UNESCO, 1968. P. 179–186 (Natural Resources Research. Vol. 5).

Lieth H. Modeling the primary productivity of the world // Primary productivity of the biosphere. Ed. Lieth H., Whittaker R.H. New York: Springer–Verlag, 1975. P. 237–263.

Lieth H., Box E. Evapotranspiration and primary productivity // Memorial model, Publications in Climatology / Ed. Thornthwaite W. New Jersey: C.W. Thornthwaite Associates, 1972. P. 37–46.

Liu S., Chai Y., Cai T., Peng C. Study on biomass and net primary productivity of Dahurian larch plantation // J. of Northeast Forestry University, 1990. Vol. 18, No. 2. P. 40–46 (кит.).

López B., Gracia C., Sabaté S. Fine root dynamics in a Mediterranean forest: effect of drought and stem density. Barcelona: CREAF, 1997. 10 p.

López B., Sabaté S., Gracia C. Fine-root longevity of *Quercus ilex* // New Phytologist, 2001. Vol. 151. P. 437–441.

Lorenz E. Deterministic nonperiodic flow // J. Atmospheric Sciences, 1963. Vol. 20. P. 167.

Lossaint P., Rapp M. La forêt Méditerranéenne de chênes verts (*Quercus ilex* L.) // Problèmes d'Ecologie: Structure et Fonctionnement des Ecosystèmes Terrestres. Eds. Lamotte M., Bourlière F. Masson, Paris, New York, Barcelona and Milan, 1978. P. 129–185.

Loudon von. Eine Encyklopädie des Gartenwesens. Buch 1. Berlin, 1823.

Löve D. Subarctic and subalpine: where and what? // Arctic and Alpine Res., 1970. Vol. 2. P. 63–73.

Lund Z.F., Pearson R.W., Buchanan G.A. An implanted soil mass technique to study herbicide effects on root growth // Weed Sci., 1970. Vol. 18. P. 279–281.

Lundegårdh H. Carbon dioxide evolution of soil and crop growth // Soil Science, 1927. Vol. 23, No. 6. P. 417–453.

Maarel E. van der. On the establishment of plant community boundaries // Ber. Dtsch. Bot. Ges., 1976. Bd 89, Ht 2/3. S. 415–443.

Madgwick H.A.I. Mensuration of forest biomass // Oslo Biomass Studies. Orono: Univ. Maine, 1976. P. 13–27.

Madgwick H.A.I. Estimating the above-ground weight of forest plots using the basal area ratio method // N.Z.J. Forest Sci., 1982. Vol. 11, No. 3. P. 278–286.

Mäkelä A., Vanninen P. Estimation of fine root mortality and growth from simple measurements: a method based on system dynamics // Trees, 2000. Vol. 14. P. 316–323.

Makkonen K., Helmisaari H.-S. Assessing fine-root biomass and production in a Scots pine stand – comparison of soil core and root in-growth core methods // Plant and Soil, 1999. Vol. 210. P. 43–50.

Mälkönen E. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands // Communicationes Instituti Forestalis Fenniae (Helsinki), 1974. Vol. 84, No. 5. P. 1–87.

Mälkönen E. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand // Communicationes Instituti Forestalis Fenniae (Helsinki), 1977. Vol. 91, No. 5. P. 1–35.

Mälkönen E., Saarsalmi A. Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands // Folia Forestalia, 1982. Vol. 534. P. 1–20.

Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. New York: W.N. Freeman, 1983. 468 p.

Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part V: Estimation of growth and yield. UNECE, 2004. 40 p.

Markkola A.M., Ohtonen A., Ahonen-Jonnarth U., Ohtonen R. Scots pine responses to CO_2 enrichment. I. Ectomycorrhizal fungi and soil fauna // Environmental Pollution, 1996. Vol. 94. P. 309–316.

Электронный архив УГЛТУ

Marklund L.G. Collecting data for biomass equation development: some methodological aspects // Mesures des biomasses et des accroissements forestiers. INRA, 1983. P. 37–43 (Les Colloques de l'INRA. No. 19).

Marshall J.D., Waring R.H. Predicting fine root production and turnover by monitoring root starch and soil temperature // Can. J. For. Res., 1985. Vol. 15. P. 791–800.

Masci A., Napoli G., Dore S. et al. Produzione di biomassä epigea e radicals in una faggeta e in un rimboschimento di abete rosso (Aboveground and belowground biomass production in a beech forest and in a Norway spruce plantation growing on the Italian Apennines) // Proc. 1st Congr. of the Italian Sylviculture and Forest Ecology. Ed. Borghetti M. Padova, Italy. 1998. Society 1. P. 225–232 (итал.).

Matthews G. The carbon content of trees // Forestry Commission. Techn. Edinburgh, 1993. Paper 4. 21 p.

Matthews E., Grainger A. Evaluation of FAO's Global Forest Resources assessment from the user perspective // Unasylva 210, 2002. Vol. 53. P. 42–50.

McClaugherty C.A., Aber J.D., Melillo J.M. The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems // Ecology, 1982. Vol. 63. P. 1481–1490.

McCully M.E. Selected aspects of the structure and development of field-grown roots with special reference to maize // Root development and function / Eds. Gregory P.J., Lake J.V., Rose D.A. Seminar series 30. Society for Experimental Biology. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1987. P. 53–70.

McGuire A.D., Melillo J.M., Joyce L.A. et al. Interactions between carbon and nitrogen dynamics in estimating net primary productivity for potential vegetation in North America // Global Biogeochem. Cycles., 1992. Vol. 6. P. 101–124.

McKenzie N., Ryan P., Fogarty P., Wood J. Sampling, measurement and analytical protocols for carbon estimation in soil, litter and coarse woody debris. National Carbon Accounting System. Technical report No. 14. Canberra: Australian Greenhouse office, 2001. 61 p.

Medwecka-Kornas A., Lomnicki A., Bandola-Ciolczyk E. Energy flow in the oak-hornbeam forest // Bul. Acad. Pol. Sci. Cl. II. Sér. biol., 1974. Vol. 22. P. 563–567.

Merrill S.D., Upchurch D.R. Converting root numbers observed at minirhizotrons to equivalent root length density // Soil Sci. Soc. Amer. J., 1994. Vol. 58. P. 1061–1067.

Messier C., Puttonen P. Coniferous and non-coniferous fine-root and rhizome production in Scots pine stands using the ingrowth bag method // Silva Fenn., 1993. Vol. 27. P. 209–217.

Miller H.G., Cooper J.M., Miller J.D. Effect of nitrogen supply on nutrients in litterfall and crown leaching in a stand of Corsican pine // J. Appl. Ecol., 1976a. Vol. 13. P. 233–248.

Miller H.G., Miller J.D. Effect of nitrogen supply on net primary production in Corsican pine // J. Appl. Ecol., 1976б. Vol. 13. P. 249–256.

Minderman G. The production of organic matter and the utilization of solar energy by a forest plantation of *Pinus nigra* var. *austriaca* // Pedobiologia, 1967. Bd 7, Ht 1. S. 11–22.

Mitchell C.P., Proe M.F., MacBrayne C.G. Biomass tables for young conifer stands in Britain // Proc. XVII IUFRO World Congr. Subject Group S4.01. Kyoto, Japan, 1981.

Miyamoto M., Tanimoto T., Ando T. Analysis of the growth of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) artificial forests in Shikoku district // Bull. Forestry and Forest Products Research Inst. (Ibaraki, Japan), 1980. Vol. 309. P. 89–107.

Miyaura T., Hozumi K. Measurement of litterfall in a Japanese larch (*Larix leptolepis* Gordon) plantation by the cloth-trap method // J. of Japan. For. Soc., 1988. Vol. 70, No. 1. P. 11–19.

Mohl H. Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln // Botanische Zeitung, 1862. Bd 20, No. 39. S. 313–319; No. 40. S. 321–327.

Mohren G.M.J. Long-term effects of climate change on European forests: impact assessment and consequences for carbon budgets. Wageningen: IBN-DLO, 1998. 4 p.

Moir W.H., Bachelard E.P. Distribution of fine roots in three *Pinus radiata* plantations near Canberra, Australia // Ecology, 1969. Vol. 50. P. 658–662.

Möller C.-M. Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes // Det Forstlige Forsøgsvaesen i Danmark, 1946. Bd 17. S. 1–287 (датск.).

Möller C.-M. The effect of thinning, age and site on foliage, increment and loss of dry matter // J. of Forestry, 1947. Vol. 45, No. 6. P. 393–404.

Möller C.-M., Müller D., Nielsen J. Graphic presentation of dry matter production of European beech // Det Forstlige Forsøgsvaesen i Danmark, 1954. Bd 21. S. 327–335 (датск.).

Mollicone D., Matteucci G., Köble R. et al. A model-based approach for the estimation of carbon sinks in European forests // Fluxes in carbon, water and energy of European forests. Ed. Valentini R. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2003. P. 179–206 (Ecological Studies. Vol. 163).

Электронный архив УГЛТУ

Monserud R.A., Huang S., Yang Y. Biomass and biomass change in lodgepole pine stands in Alberta // Tree Physiology, 2006. Vol. 26. P. 819–831.

Monserud R.A., Onuchin A.A., Tchebakova N.M. Needle, crown, stem and root phytomass of *Pinus sylvestris* stands in Russia // Forest Ecol. Manage., 1996. Vol. 82. P. 59–67.

Morén A.-S., Lindroth A., Flower-Ellis J. et al. Branch transpiration of pine and spruce scaled to tree and canopy using needle biomass distribution // Trees, 2000. Vol. 14. P. 384–397.

Mothes K., Domeike A. Die Alkaloide // Handbuch der Pflanzenphysiologie, 1958. Bd 8. S. 989–1049.

Müller D. Kreislauf des Kohlenstoffs // Handbuch der Pflanzenphysiologie, 1960. Bd 12, No. 2. S. 934–948.

Müller K.H., Wagner S. Fine root dynamics in gaps of Norway spruce stands in the German Ore Mountains // Forestry, 2003. Vol. 76, No. 2. P. 149–158.

Mund M., Kummetz E., Hein M. et al. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe // Forest Ecology and Management, 2002. Vol. 171. P. 275–296.

Murphy P.G., Lugo A.E. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico // Biotropica, 1986. Vol. 18. P. 89–96.

Nadelhoffer K.J. The potential effects of nitrogen deposition on fine-root production in forest ecosystems // New Phytologist, 2000. Vol. 147. P. 131–139.

Nadelhoffer K.J., Aber J.D., Melillo J.M. Fine roots, net primary production and soil nitrogen availability: a new hypothesis // Ecology, 1985. Vol. 66, No. 4. P. 1377–1390.

Nadelhoffer K.J., Raich J.W. Fine root production estimates and belowground carbon allocation in forest ecosystems // Ecology, 1992. Vol. 73. P. 1139–1147.

Nadezhdina N., Čermak J. Instrumental methods for studies of structure and function of root systems in large trees // J. Experim. Bot., 2003. Vol. 54. P. 1511–1521.

Neill C. Comparison of soil and ingrowth methods for measuring belowground production // Ecology, 1992. Vol. 73. P. 1918–1921.

Neilson R.P., Marks D. A global perspective of regional vegetation and hydrologic sensitivities from climatic change // J. Veget. Sci., 1994. Vol. 5. P. 715–730.

Newbould P.J. Methods for estimating the primary production of forests. Oxford–Edinburg: Blackwell Sci. Publ., 1967. 67 p.

Newbould P.J. Methods of estimating root production // Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level. Ed. Eckart R.E. Proc. Copenhagen Symp. UNESCO, 1968. P. 187–190.

Newbould P.J. Methods for estimating the primary production of forests. Oxford–Edinburg: Blackwell Sci. Publ., 1970. 62 p. (IBP Handbook. No. 2).

Newman E.I. A method of estimating the total length of root in a sample // J. Appl. Ecol., 1966. Vol. 3. P. 139–145.

Ni J. Forest productivity of the Altai and Tianshan Mountains in the dryland, northwestern China // Forest Ecol. Manage., 2004. Vol. 202. P. 13–22.

Ni J., Zhang X., Scurlock M.O. Synthesis and analysis of biomass and net primary productivity in Chinese forests // Ann. For. Sci., 2001. Vol. 58. P. 351–384.

Nihlgård B. Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and planted spruce forest in South Sweden // Oikos, 1972. Vol. 23, No. 1. P. 69–81.

Nihlgård B., Lindgren L. Plant biomass, primary production and bioelements of three mature beech forests in South Sweden // Oikos, 1977. Vol. 28. P. 95–104.

Niklas K.J. Reexamination of a canonical model for plant organ biomass partitioning // American J. of Botany, 2003. Vol. 90, No. 2. P. 250–254.

Niklas K.J., Enquist B.J. Canonical rules for plant organ biomass partitioning and annual allocation // Amer. J. of Botany, 2002a. Vol. 89, No. 5. P. 812–819.

Niklas K.J., Enquist B.J. On the vegetative biomass partitioning of seed plant leaves, stems and roots // The Amer. Naturalist, 2002б. Vol. 159. No. 5. P. 482–497.

Nordmeyer A.H. Phytomass in different tree stands near timberline // Mountain environments and subalpine tree growth. Eds. Benecke U., Davis M.R. New Zealand Forest Service. Forest Research Institute, 1980. Technical Paper No. 70. P. 111–124.

Ogata N., Nagatomo Y., Faminaka S., Takeshita K. Effects of fertilization and site on the matter production of *Chamaecyparis* stand, and differences between *Chamaecyparis* and *Cryptomeria* stands // A. Rep. Kyushu Branch, Government. Forest Experim. Station, 1973. Vol. 15. P. 21–24.

Ogawa H. Principles and methods of estimating primary production in forests // Primary productivity in Japanese forests. Eds. T. Shidei, T. Kira. JIBP Synthesis: Univ. Tokyo Press., 1977. Vol. 16. P. 29–37.

Электронный архив УГЛТУ

Ogawa H., Kira T. Methods of estimating forest biomass // Primary productivity of Japanese forests. Eds. Shidei T., Kira T. JIBP Synthesis: Univ. Tokyo Press., 1977. Vol. 16. P. 15–25.

Ogawa H., Yoda K., Ogino K., Kira T. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass // Nature Life SE Asia, 1965. Vol. 4. P. 49–80.

Ohmann L.F., Grigal D.F., Brander R.B. Biomass estimation for five shrubs from northeastern Minnesota // USDA Forest Serv., North Central Forest Exper. Station, Res. Paper NC-133, 1976. 11 p.

Olson J.S., Watts T.A., Allison L.J. Carbon in live vegetation of major world ecosystems // Oak Ringe Nat. Lab. ORNL-5862, 1983. P. 234–240.

Olson D., Prince S. Global primary production data initiative update // IGBP Newsletter, 1996. No. 27. P. 13.

Olsthoorn A.F.M. Fine root density and root biomass of two Douglas-fir stands on sandy soils in the Netherlands. 1. Root biomass in early summer // Netherlands J. of Agricultural Science, 1991. Vol. 39. P. 49–60.

O'Neill E.G., Luxmoore R.J., Norby R.J. Increases in mycorrhizal colonization and seedling growth in *Pinus echinata* and *Quercus alba* in an enriched CO_2 atmosphere // Can. J. For. Res., 1987. Vol. 17. P. 878–883.

Oppelt A.L., Kurth W., Dzierzon H. et al. Structure and fractal dimensions of root systems of four co-occurring fruit tree species from Botswana // Ann. For. Sci., 2000. Vol. 57. P. 463–475.

Oppelt A.L., Kurth W., Godbold D.L. Topology, scaling relations and Leonardo's rule in root systems from African tree species // Tree Physiologuy, 2001. Vol. 21. P. 117–128.

Osawa A. Inverse relationship of crown fractal dimension to self-thinning exponent of tree populations: a hypothesis // Can. J. For. Res., 1995. Vol. 25. P. 1608–1617.

Ottorini J.-M., Le Goff N. Biomasses aériennes et racinaires et accroissements annuels en biomasse dans le dispositif écophysiologique de la forêt de Hesse. Report. INRA, Nancy, 1998. 29 p.

Ovington J.D. The form, weights and productivity of tree species grown in close stands // New Phytologist, 1956. Vol. 55. P. 289–304.

Ovington J.D. Dry-matter production by *Pinus sylvestris* L. // Ann. of Botany, N. S., 1957. Vol. 21, No. 82. P. 287–314.

Ovington J.D., Forrest W.G., Armstrong J.S. Tree biomass estimation // Symposium on primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems. University of Maine, 1967. P. 4–31.

Ovington J.D., Madgwick H.A.I. The growth and composition of natural stands of birch. 1. Dry-matter production // Plant and Soil, 1959a. Vol. 10, No. 3. P. 271–283.

Ovington J.D., Madgwick H.A.J. The growth and composition of natural stands of birch. 2. The uptake of nutrients // Plant and Soil, 19596. Vol. 10, № 3. P. 389–400.

Ozier-Lafontaine H., Lecompte F., Sillon J.-F. Fractal analysis of the root architecture of *Gliricidia sepium* for the spatial prediction of root branching, size and mass. Model development and evaluation in agroforestry // Plant and Soil, 1999. Vol. 209. P. 167–180.

Paavilainen E. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp // Communicationes Instituti Forestalis Fenniae (Helsinki), 1980. Vol. 98. P. 230–241.

Palumets J.K. Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce. Tartu: Univ. Press. VIII Scripta Botanica, 1991. 95 p.

Papp B.L. Phytomass and production of trees // Ecology of an oak forest in Hungary. Ed. Jakucs P. Results of «Sikfokut Project» 1. Budapest: Akadömiai Kiado, 1985. P. 151–168.

Pardé J. Forest biomass // Forestry Abstracts, 1980. Vol. 41, No. 8. P. 343–362.

Paré D., Bergeron Y. Above-ground biomass accumulation along a 230-year chronosequence in the southern portion of the Canadian boreal forest // J. of Ecology, 1995. Vol. 83. P. 1001–1007.

Parker C.J., Carr M.K.V., Jarvis N.J. et al. An evaluation of the minirhizotron technique for estimating root distribution in potatoes // J. Agric. Sci., 1991. Vol. 116. P. 341–350.

Parresol B.R. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons // For. Sci., 1999. Vol. 45, No. 4. P. 573–593.

Parresol B.R. Biomass // Encyclopedia of Environmetrics. Vol. 1. Chichester: John Wiley & Sons, 2002. P. 196–198.

Parton W.J., Mckeown R., Kirchner V., Ojima D.S. CENTURY User's Manual. Colorado State University, Natural Resource Ecology Laboratory: Ft. Collins, 1992. 289 p.

Электронный архив УГЛТУ

Parton W.J., Schimel D.S., Cole C.V., Ojima D.S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands // Soil Sci. Soc. Am. J., 1987. Vol. 51. P. 1173–1179.

Paterson S.S. The forest area of the world and its potential productivity. Göteborg: The Royal Univ. Sweden, 1956. 216 p.

Pears N.V. Post glacial tree-lines of the Cairngorm Mountains, Scotland // Trans. Botan. Soc. Edinburgh, 1968. Vol. 40. P. 361–394.

Peitgen H.-O., Saupe D. The science of fractal images. New York: Springer Verlag, 1988. 312 p.

Penner M. Canada's biomass inventory: deriving biomass from volume. Petawawa Nat. Forestry Institute. IBFRA paper, 1997. 9 p.

Penner M, Power K., Muhairwe C. et al. Canada's forest biomass resources: deriving estimates from Canada forest inventory // Information report BC-X-370. Pacific Forestry Centre, Victoria, BC, 1997. 33 p.

Pereira J.S., Linder S., Araujo M.C. et al. Optimization of biomass production in *Eucalyptus globulus* plantations: A case study // Biomass production by fast-growing trees. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Acad. Publ., 1989. P. 101–121.

Pérez-Soba M., Dueck T.A., Puppi G., Kuiper P.J.C. Interactions of elevated CO_2, NH_3 and O_3 on mycorrhizal infection, gas exchange and N metabolism in saplings of Scots pine // Plant and Soil, 1995. Vol. 176. P. 107–116.

Perry D.A., Borchers J.G., Turner D.P. et al. Biological feedbacks to climate change: terrestrial ecosystems as sinks and sources of carbon and nitrogen // The Northwest Environmental J., 1991. Vol. 7. P. 203–232.

Persson H. Deciduous woodland at Andersby, eastern Sweden: field-layer and below-ground production // Acta Phytogeograph. Suec., 1975. Vol. 62. P. 1–71.

Persson H.Å. Root dynamics in a young Scots pine stand in Central Sweden // Oikos, 1978. Vol. 30. P. 508–519.

Persson H.Å. Fine root production, mortality and decomposition in forest ecosystems // Vegetatio, 1979. Vol. 41, No. 2. P. 101–109.

Persson H.Å. The distribution and productivity of fine roots in boreal forests // Plant and Soil, 1983. Vol. 71. P. 87–101.

Persson T., van Oene H., Harrison A.F. et al. Experimental sites in the NIPHYS/CANIF project // Carbon and nutrient cycling in European forest ecosystems. Ed. Schulze E.-D. (Ecological Studies. Vol. 142). Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag, 2000. P. 14–46.

Peterson D.L. Relationship of thematic map simulator to leaf area index of temperate coniferous forests // Remote Sens. Environ., 1987. Vol. 22. P. 323–341.

Petráš R., Košút M., Oszlányi J. Listová biomasa stromov smreka, borovice a buka // Lesnícky Časopis. 1985. Ročnik 31. Číslo 2. S. 121–136 (чешск.).

Petrusewicz K. Secondary productivity of terrestrial ecosystems. Principles and methods // Proc. Inst. Ecol., Polish. Acad. Sci., 1967. Vol. 1. P. 31–51.

Plesnik P. Horna hranica lesa vo Vysokých a v Belanských Tatrách. Bratislava: Vyd-vo Slov. Acad. Ved., 1971. 238 s.

Poelman G., Van der Koppel J., Brouwer G. A telescopic method for photographing within 8×8 cm minirhizotrons // Plant and Soil, 1996. Vol. 185. P. 163–167.

Potter C.S., Randerson J.T., Field C.B. et al. Terrestrial ecosystem production: a process model based on global satellite and surface data // Global Biogeochem. Cycles, 1993. Vol. 7. P. 811–841.

Pregitzer K.S. Fine roots of trees – a new perspective // New Phytologist, 2002. Vol. 154. P. 267–273.

Pregitzer K.S., DeForest J.L., Burton A.J. et al. Fine root architecture of nine North American trees // Ecological Monographs, 2002. Vol. 72. P. 293–309.

Pregitzer K.S., Kubiske M.E., Yu C.K., Hendrick R.L. Relationships among root branch order, carbon and nitrogen in four temperate species // Oecologia, 1997. Vol. 111. P. 302–308.

Prentice I.C., Cramer W., Harrison S.P. et al. A global bioma model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate // J. Biogeog., 1992. Vol. 19. P. 117–134.

Preston R.J. The growth and development of root systems of juvenile lodgepole pine // Ecol. Monographs, 1942. Vol. 12. P. 449–468.

Pretzsch H., Kahn M, Grote R. Die Fichten-Buchen-Mischbestände des Sonderforschungsbereiches «Wachstum oder Parasitenabwehr?» im Kranzberger Forst // Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1998. Bd 117. S. 241–257.

Электронный архив УГЛТУ

Raich J.W., Nadelhoffer K.J. Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends // Ecology, 1989. Vol. 70. P. 1346–1354.

Raich J.W., Rastetter E.B., Melillo J.M., Kicklighter D.W. Potential net primary productivity in South America: application of a global model // Ecol. Appl., 1991. Vol. 1. P. 399–429.

Raich J.W., Schlesinger W.H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate // Tellus, 1992. Vol. B44. P. 81–99.

Ranger J., Marques R., Colin-Belgrand M. et al. The dynamics of biomass and nutrient accumulation in a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) stand studied using a chronosequence approach // Forest Ecol. Manage., 1995. Vol. 72. P. 167–183.

Rapp M., Ed Derfoufi F., Blanchard A. Productivity and nutrient uptake in a holm oak (*Quercus ilex* L.) stand and during regeneration after clearcut // Vegetatio, 1992. Vol. 99–100. P. 263–272.

Raschka H.D., Auer D. Biomasse-Versuchsflächenergebnisse für Pappel und Weide // Österreichische Forstzeitung, 1996. Bd 107, No. 3. S. 49–51.

Reichle D.E. (ed.). Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1981. 683 p. (IBP 23).

Regel C. Klimaänderung der Gegenwart in ihrer Beziehung zur Landschaft. Bern, 1957.

Resa F. Untersuchungen über die Periode der Wurzelbildung insbesondere bei den Holzwächsen // Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1878. Bd 15, Ht 11. S. 321–331.

Reuter D.J., Robinson J.B., Peverill K.I. et al. Guidelines for collecting, handling and analysing plant materials // Plant analysis: An interpretation manual. Eds. Reuter D.J., Robinson J.B. Collingwood: CSIRO Publishing, 1997. P. 53–70.

Reynolds E.R.C. Tree rootlets and their distribution // The development and function of roots. Eds. Torrey J.G., Clarcson D.T. London: Acad. Press, 1975. P. 163–177.

Richardson A.D., Dohna H. Predicting root biomass from branching patterns of Douglas-fir root systems // Oikos, 2003. Vol. 100. P. 96–104.

Robinson D. Scaling the depths: below-ground allocation in plants, forests and biomes // Functional Ecology, 2004. Vol. 18. P. 290–295.

Rodríguez R., Espinosa M., Hofmann G., Marchant M. Needle mass, fine root and stem wood production in response to silvicultural treatment, tree size and competitive status in radiata pine stands // Forest Ecology and Management, 2003. Vol. 186. P. 287–296.

Rogers W.S., Vyvyan M.C. Root studies. I. The root systems of some ten year old apple trees on two different root stocks and their relation to tree performance //Ann. Report for 1927. East Malling Res. Station, 1928. II. Suppl. P. 31–43.

Rogers W.S., Vyvyan M.C. Root studies. V. Root stock and soil effect on apple root systems // J. Pomol. Hortic. Sci., 1934. Vol. 12. P. 110–150.

Romberger J.A. Meristems, growth and development in woody plants. USDA Techn. Bulletin No. 1292. US Gov. Printing Office, 1963. 214 p.

Roxburgh S.H., Berry S.L., Buckley T.N. et al. What is NPP? Inconsistent accounting of respiratory fluxes in the definition of net primary production // Functional Ecology, 2005. Vol. 19. P. 378–382.

Ruark G.A., Martin G.L., Bockheim J.G. Comparison of constant and variable allometric ratios for estimating *Populus tremuloides* biomass // For. Sci., 1987. Vol. 33, No. 2. P. 294–300.

Running S.W. Testing FOREST-BGC ecosystem process simulations across a climatic gradient in Oregon // Ecol. Appl., 1994. Vol. 4. P. 238–247.

Running S.W., Coughlan J.C. A general model of forest ecosystem processes for regional applications. I. Hydrologic balance, canopy gas exchange and primary production processes // Ecological Modelling, 1988. Vol. 42. P. 125–154.

Running S.W., Nemani R.R. Relating seasonal patterns of the AVHRR vegetation index to simulated photosynthesis and transpiration of forests in different climates // Remote Sens. Environ., 1988. Vol. 24. P. 347–367.

Running S.W., Hunt E.R.Jr. Generalization of a forest ecosystem process model for other biomes, BIOME-BGC and an application for global-scale models // Scaling physiological processes: leaf to globe. Eds. Ehleringer J.R., Field C. San Diego: Academic Press, 1993. P. 141–158.

Russel S.R. Plant root systems: their function and interaction with the soil. London: McGraw-Hill Comp., 1977. 298 p.

Ryan M.G. A simple method for estimating gross carbon budgets for vegetation in forest ecosystems // Tree Physiology, 1991. Vol. 9. P. 255–266.

Электронный архив УГЛТУ

Ryan M.G., Hubbard R.M., Pongracic S. et al. Foliage, fine-root, woody-tissue and stand respiration in *Pinus radiata* in relation to nitrogen status // Tree Physiology, 1996. Vol. 16. P. 333–343.

Sachs J. Über das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln // Arb. Bot. Inst. Würzburg, 1873. Bd 3. S. 395–477, 584–634.

Safford L.O. Effect of fertilization on biomass and nutrient content of fine roots in a beech-birch-maple stand // Plant and Soil, 1974. Vol. 40. P. 349–363.

Safford L.O., Bell S. Biomass of fine roots in a white spruce plantation // Can. J. For. Res., 1972. Vol. 2. P. 169–172.

Saito H. *Chamaecyparis* plantations // Primary productivity in Japanese forest. JIBP Synthesis. University of Tokyo Press, 1977. Vol. 16. P. 252–268.

Saito H., Yamada I., Shidei T. Some discussions on dry matter production of young stands of *Cryptomeria japonica* D. Don with excessively high stand density // Bull. Kyoto Univer. For., 1972. Vol. 44. P. 121–140.

Saito H., Shidei T. Studies on the productivity and its estimation methodology in a young stand of *Cryptomeria japonica* D. Don. // J. Jap. For. Soc., 1973. Vol. 55. P. 52–62.

Salas E., Ozier-Lafontaine H., Nygren P. A fractal root model applied for estimating the root biomass and architecture in two tropical legume tree species // Ann. For. Sci., 2004. Vol. 61. P. 337–345.

Santantonio D. Seasonal dynamics of fine-roots in a mature stands of Douglas-fir of different water regimes: a preliminary report. // Proceedings of the IUFRO symposium «Root physiology and symbiosis» Eds. Riedacker A., Gagnaire-Michard J. Nancy: Centre Nationale de Recherches Forestieres, 1980. P. 190–203.

Santantonio D. Dry-matter partitioning and fine-root production in forests – new approaches to a difficult problem // Biomass production by fast-growing trees. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Acad. Publ., 1989. P. 57–72.

Santantonio D., Grace J.C. Estimating fine-root production and turnover from biomass and decomposition data: a compartment-flow model // Can. J. For. Res., 1987. Vol. 17. P. 900–908.

Santantonio D., Hermann R.K. Standing crop, production and turnover of fine roots on dry, moderate and wet sites of mature Douglas-fir in western Oregon // Ann. Sci. For., 1985. Vol. 42. P. 113–142.

Santantonio D., Hermann R.K, Overton W.S. Root biomass studies in forest ecosystems // Pedobiologia, 1977. Vol. 17. P. 1–31.

Santantonio D., Santantonio E. Effect of thinning on production and mortality of fine roots in a *Pinus radiata* plantation on a fertile site in New Zealand // Can. J. For. Res., 1987. Vol. 17. P. 919–928.

Santa Regina I., Tarazona T., Calvo R. Aboveground biomass in a beech forest and a Scots pine plantation in the Sierra de la Demanda area of northern Spain // Ann. Sci. For., 1997. Vol. 54. P. 261–269.

Santa Regina I., Tarazona T. Organic matter and nitrogen dynamics in a mature forest of common beech in the Sierra de la Demanda, Spain // Ann. Sci. For., 2001. Vol. 58. P. 301–314.

Satchell J.E. Feasibility study of an energy budget for Meathop Wood // Productivity of forest ecosystems: Proceed. of the Brussels symposium. Paris: UNESCO, 1971. P. 619–630.

Satomura T., Hashimoto Y., Koizumi H. et al. Seasonal patterns of fine root demography in a cool-temperate deciduous forest in central Japan // Ecological Res., 2006. Vol. 21. P. 741–753.

Satoo T. Notes on Kittredge's method of estimation of amount of leaves of forest stand // J. Japan. For. Soc., 1962. Vol. 44, No. 2. P. 267–272.

Satoo T. Production and distribution of dry matter in forest ecosystems // Misc. Inform. Tokyo Univ. For., 1966. Vol. 16. P. 1–15.

Satoo T. Materials for the studies of growth in forest stands. 7. Primary production and distribution of produced dry matter in a plantation of *Cinnamomum camphora* // Bull. Tokyo Univ. For., 1968. Vol. 64. P. 241–275.

Satoo T. A synthesis of studies by the harvest method: primary production relations in the temperate deciduous forests of Japan // Ecol. Studies: Analysis and Synthesis. N. Y.: Springer Verlag, 1970. Vol. 1. P. 55–72.

Satoo T. Primary production relations of coniferous forests in Japan // Ed. Duvigneaud P. Productivity of forest ecosystems. Proc. Brussels Symposium. Paris: Unesco, 1971a. P. 191–205.

Satoo T. Materials for the studies of growth in stands. VIII: Primary production relations in plantations of Norway spruce in Japan // Bull. Tokyo Univ. For., 1971б. Vol. 65. P. 125–142.

Электронный архив УГЛТУ

Satoo T. Materials for the studies of growth in forest stands. IX: Primary production relations in a natural forest of *Betula maximowicziana* in Hokkaido // Bull. Tokyo Univ. For., 1974. Vol. 66. P. 109–117.

Satoo T. Standing crop and increment of bole in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie // Jap. J. Ecol., 1979a. Vol. 29. P. 103–109.

Satoo T. Leaf litter production in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie // Jap. J. Ecol. 1979b. Vol. 29. P. 205–208.

Satoo T. Production of reproductive organs in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie // Jap. J. Ecol., 1979c. Vol. 29. P. 315–321.

Satoo T. Loss of canopy biomass due to thinning – a comparison of two young stands of *Cryptomeria japonica* of cutting and seedling origins // J. Jap. For. Soc., 1979d. Vol. 61. P. 83–87.

Satoo T., Madgwick H.A.I. Forest Biomass. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, 1982. 152 p. (Forestry Sciences, No. 6).

Satoo T., Negisi K., Yagi K. Materials for the studies of growth in forest stands. XII. Primary production relations in plantations of *Thujopsis dolabrata* in the Noto Peninsula // Bull. Tokyo Univ. For., 1974. Vol. 66. P. 139–151.

Satoo T., Senda M. Materials for the studies of growth in forest stands. 4. Amount of leaves and production of wood in a young plantation of *Chamaecyparis obtusa* // Bull. Tokyo Univ. For., 1958. Vol. 54. P. 71–100.

Satoo T., Senda M. Materials for the studies of growth in forest stands. 6. Biomass, dry matter production and efficiency of leaves in a young *Cryptomeria* plantation // Bull. Tokyo Univ. For., 1966. Vol. 62. P. 117–146.

Scarascia-Mugnozza G., Bauer G.A., Persson H. et al. Tree biomass, growth and nutrient pools // Carbon and nutrient cycling in European forest ecosystems. Ed. Schulze E.-D. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 2000. P. 49–62 (Ecological Studies. Vol. 142).

Schenk H.J., Jackson R.B. The global biogeography of roots // Ecological Monographs, 2002. Vol. 72, No. 3. P. 311–328.

Schenk H.J., Jackson R.B. A global database of ecosystem root profiles (ERP). Fullerton: California State University, 2003. 26 p.

Schlesinger W.H. Biogeochemistry: an analysis of global change. San Diego: Acad. Press, 1991. P. 161–165.

Schoene D. Assessing and reporting forest carbon stock changes: a concerted effort // Unasylva 210, 2002. Vol. 53. P. 76–81.

Schoettle A.W., Fahey T.J. Foliage and fine root longevity of pines // Ecol. Bull., 1994. Vol. 43. P. 136–153.

Schönenberger W. Above-ground biomass of mountain beech (*Nothofagus solandri* (Hoo. f.) Oerst. var. *cliffortioides* (Hook. f.) Poole) in different stand types near timberline in New Zealand // Forestry, 1984. Vol. 57, No. 1. P. 59–73.

Schöpfer W. Zur Abschätzung des Nadelverlustes in gebrochenen Fichtenbestanden // Allgem. Forst- und Jagdzeitung, 1962. Bd 133. S. 159–162.

Schreiber M. Zur Frage «Saat oder Pflanzung der Lärche». Mit Beiträgen zur Kenntnis des Wurzelsystems der Lärche und der Fichte // Zentralblatt Ges. Forstwesen, 1926. Bd 52. S. 78–103.

Schulze E.-D., Schulze W., Kelliher F.M. et al. Aboveground biomass and nitrogen nutrition in a chronosequence of pristine Dahurian *Larix* stands in eastern Siberia // Can. J. For. Res., 1995. Vol. 25. P. 943–960.

Schulze E.-D., Valentini R., Cias Ph. et al. CarboEurope Integrated Project // Reports of Workshop FAO «Harmonization of terrestrial carbon measurements in CEE countries». Prague, 2004. P. 1–32.

Scurlock J.M.O., Cramer W., Olson R.J. et al. Terrestrial NPP: toward a consistent data set for global model evaluation // Ecol. Applications, 1999. Vol. 9, No. 3. P. 913–919.

Shepashenko D., Shvidenko A., Nilsson S. Phytomass (live biomass) and carbon of Siberian forests // Biomass and Bioenergy, 1998. Vol. 14, No. 1. P. 21–31.

Shi F., Matsuura Y. Biomass and productivity of *Larix gmelinii* forests in Daxingan Mountains of China // Northern Forestry, 2001. Vol. 53, No. 5. P. 4–6 (кит.).

Shi F., Qu L., Wang W. et al. Aboveground biomass and productivity of *Larix gmelinii* forests in Northeast China // Eurasian J. For. Res., 2002. Vol. 5. P. 23–32.

Shinozaki K., Yoda K., Hozumi K., Kira T. A quantitative analysis of plant form – the pipe model theory. II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology // Japan. J. Ecol., 1964. Vol. 14. P. 133–139.

Электронный архив УГЛТУ

Shipley B., Vu T.-T. Dry matter content as a measure of dry matter concentration in plants and their parts // New Phytologist, 2002. Vol. 153. P. 359–364.

Shiyatov S.G. Reconstruction of climate and upper timberline dynamics since AD 745 by tree-ring data in the Polar Ural Mountains // International conference on Past, Present and Future Climate / Ed. Henkinheimo Pirkko. Painatuskeskus: Publ. Acad. Finland, 1995. P. 144–147.

Shiyatov S.G. Rates of change in the upper treeline ecotone in Polar Ural Mountains // PAGES News, 2003. V. 11, No. 1. P. 8–10.

Sievänen R., Nikinmaa E., Nygren P. et al. Components of functional-structural tree models // Ann. For. Sci., 2000. Vol. 57. P. 399–412.

Sindani K.T., Lejoly J. Phytomasses et productivites de 4 peuplements forestiers dans les environs de Peyresq (Alpes de Haute-Provence, France) // Belgian J. of Botany, 1990. Vol. 123, No. 1–2. P. 103–116.

Singh J.S., Lauenroth W.K., Hunt H.W., Swift D.M. Bias and random errors in estimators of net root production: a simulation approach // Ecology, 1984. Vol. 65. P. 1760–1764.

Smit A.L., Bengough A.G., Engels C et al. Root methods. A Handbook. Berlin: Springer Verlag, 2000. 587 p.

Smucker A.J.M., McBurney S.L., Srivastava A.K. Quantitative separation of roots from compacted soil profiles by the hydropneumatic elutriation system // Agron. J., 1982. Vol. 74. P. 500–503.

Smucker A.J.M., Nunez-Barrios A., Ritchie J.T. Root dynamics in drying soil environments // Belowground Ecology, 1991. Vol. 2, No. 1. P. 4–5.

Snowdon P. Ratio methods for estimating forest biomass // New Zealand J. For. Sci., 1992. Vol. 22. P. 54–62.

Snowdon P., Eamus D., Gibbons P. et al. Synthesis of allometrics, review of root biomass and design of future woody biomass sampling strategies. National Carbon Accounting System. Technical report No. 17. Canberra: Australian Greenhouse office, 2001. 114 p.

Snowdon P., Raison J., Keith H. et al. Protocol for sampling tree and stand biomass. National Carbon Accounting System. Technical report No. 31. Canberra: Australian Greenhouse office, 2002. 66 p.

Sommerhalder R., Kuhn N., Biland H.-P. et al. Eine vegetationskundliche Datenbank der Schweiz // Botanica Helvetica, 1986. Bd 96, No. 1. S. 77–93.

Somogyi Z. Data needed to estimate changes in biomass in AR projects. Hungary as test case // Proc. COST E21 Meeting. Houho, 2004. 9 p.

Son Y., Hwang J.W., Kim Z.S. et al. Allometry and biomass of Korean pine (*Pinus koraiensis*) in central Korea // Bioresource Technology, 2001. Vol. 78. P. 251–255.

Spek L.Y., van Noordwijk M. Proximal root diameters as predictors of total root system size for fractal branching models. 2. Numerical model // Plant and Soil, 1994. Vol. 164. P. 119–127.

S-plus User's Manual. Statistical Sciences, Inc. Seattle, WA, USA, 1991.

Stachurski A., Zimka J.R. Methods of studying forest ecosystems: leaf area, leaf production and withdrawal of nutrients from leaves of trees // Ekologia Polska, 1975. Vol. 23, No. 4. P. 637–648.

Steele S.J., Gower S.T., Vogel J.G., Norman J.M. Root mass, net primary production and turnover in aspen, jack pine and black spruce forests in Saskatchewan and Manitoba, Canada // Tree Physiology, 1997. Vol. 17. P. 577–587.

Steen E. Root and rhizome dynamics in a perennial grass crop during an annual growth cycle // Swedish J. Agric. Res., 1985. Vol. 156. P. 25–30.

Stephens G.R. Productivity of red pine. I. Foliage distribution in tree crown and stand canopy // Agricultural Meteorology, 1969. Vol. 6. P. 275–282.

Stober C., George E., Persson H. Root growth and responce to nitrogen // Carbon and nutrient cycling in European forest ecosystems. Ed. E.-D. Schulze. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag, 2000. P. 99–121 (Ecological Studies. Vol. 142).

Strand R.F. The effect of thinning on soil temperature, soil moisture and root distribution of Douglas fir // Tree growth and forest soils. Eds. Younberg C.T., Davey C.B. Corvallis: Oregon State University Press, 1970. P. 295–304.

Sundarapandian S.M., Swamy P.S. Fine root biomass distribution and productivity patterns under open and closed canopies of tropical forest ecosystems at Kodayar in Western Ghats, South India // Forest Ecol. Management, 1996. Vol. 86. P. 181–192.

Sutton R.F., Tinus R.W. Root and root system terminology // Forest Sci. Monograph., 1983. Vol. 24. P. 1–137.

Электронный архив УГЛТУ

Tadaki Y. Studies on production structure of forest. IV. Some studies on leaf-amount of stands and individual trees // J. Jap. For. Soc., 1963. Vol. 48. P. 249–256.

Tadaki Y. Studies on production structure of forests. VIII Productivity of an *Acacia mollissima* stand in higher stand density // J. Jap. For. Soc., 1965a. Vol. 47. P. 384–391.

Tadaki Y. Studies on the production structure of forests. VII. The primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata* // Jap. J. Ecol., 1965b. Vol. 15. P. 142–147.

Tadaki Y. The primary productivity and the stand density control in *Acacia mollissima* stands // Bull. Government. Forest Exper. Station Tokyo, 1968a. Vol. 216. P. 99–115.

Tadaki Y. Studies on the production structure of forests. XIV. The third report on the primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidate* // J. Jap. For. Soc., 1968b. Vol. 50. P. 60–65.

Tadaki Y., Hatiya K., Tochiaki K. et al. Studies on production structure of forest. XVI. Primary productivity of *Abies veitchii* forests in the subalpine zone of Mt. Fuji // Bull. Government For. Experiment Station (Tokyo), 1970. Vol. 229. P. 1–20.

Tadaki Y., Kawasaki Y. Studies on production structure of forest. IX. Primary productivity of a young *Cryptomeria* plantation with excessively high stand density // J. Jap. For. Soc., 1966. Vol. 48. P. 55–61.

Tadaki Y., Ogata N., Takagi T. Studies on the production structure of forests. III. Estimation of standing crop and some analyses on productivity of young stands of *Castanopsis cuspidata* // J. Jap. For. Soc., 1962. Vol. 44. P. 350–359.

Tadaki Y., Ogata N., Nagatomo Y. Studies on production structure of forests. Some analyses on productivities of artificial stand of *Acacia mollissima* // J. Jap. For. Soc., 1963. Vol. 45. P. 293–301.

Tadaki Y., Ogata N., Nagatomo Y. et al. Studies on production structure of forest. VI. Productivities of scaffolding producing stands of *Cryptomeria japonica* // J. Jap. For. Soc., 1964. Vol. 46. P. 246–253.

Tadaki Y., Ogata N., Nagatomo Y. The dry matter productivity in several stands of *Cryptomeria japonica* in Kyushu // Bull. Government. Forest Exper. Station Tokyo, 1965. Vol. 173. P. 45–66.

Tadaki Y., Ogata N., Nagatomo Y., Yoshida T. Studies on the production structure of forest. X. Primary productivity of an unthinned 45-year-old stand of *Chamaecyparis obtusa* // J. Jap. For. Soc., 1966. Vol. 48. P. 387–393.

Tadaki Y., Ogata N., Nagatomo Y. Studies on production structure of forest. XI. Primary productivities of 28-year-old plantations of *Cryptomeria* of cuttings and seedlings origin // Bull. Government. Forest Exper. Station Tokyo, 1967. Vol. 199. P. 47–65.

Takeuchi I., Tadaki Y., Hatiya K. et al. Thinning experiment of 30-year-old plantation of *Chamaecyparis obtusa* in reference to line thinning // Bull. Government. Forest Exper. Station Tokyo, 1975. Vol. 272. P. 141–155.

Tamm C.O. Die Nährstoffaufnahme gedüngter Fichten und Kiefernbestände // Archiv für Forstwesen, 1963. Bd 12, Ht 2. S. 211–222.

Tamm C.O. Site damages by thinning due to removal of organic matter and plant nutrients // Thinning and mechanization. Eds. Ager B.H., Fries J. Stockholm, 1969. P. 175–179.

Tamm C.O., Carbonnier C. Växtnäringen som skoglig produktionsfaktor (Plant nutrients and forest yield) // Kungl. Skogs-och Lantbruksakademiens Tidskrift, 1961.Vol. 100, H. 1–2. P. 95–124 (швед.).

Tateno R., Takeda H. Forest structure and tree species distribution in relation to topography-mediated heterogeneity of soil nitrogen and light at the forest floor // Ecological Research, 2003. Vol. 18. P. 559–571.

Tateno R., Hishi T., Takeda H. Above- and belowground biomass and net primary production in a cool-temperate deciduous forest in relation to topographical changes in soil nitrogen // Forest Ecol. Management, 2004. Vol. 193. P. 297–306.

Telfer E.S. Weight – diameter relationships for 22 woody plant species // Can. J. Botany, 1969. Vol. 47. P. 1851–1855.

Thill A. Biomasse ligneuse et équivalent calorique de deux taillis de 20 et 40 ans // Mesures des biomasses et des accrissements forestiers (Orléans, 3–7 octobre 1983). INRA Publ., 1983. P. 199–207. (Les Colloques de l'INRA. No. 19).

Thom R. Stabilité structurelle et morphogénèse. N. Y.: Benjamin, 1972.

Thom R., Zeeman E.C. Catastrophe theory: its present state and future perspectives // Dynamical systems: Lecture notes in mathematics, 1975. Vol. 468, No. 4. P. 366–389.

Thompson W.R. On a criterion for the rejection of observations and the distribution of the ratio of deviation to simple standard deviation // Ann. Math. Statist., 1935. Vol. 6. P. 214–219.

Электронный архив УГЛТУ

Tierney G.L., Fahey T.J. Evaluating minirhizotron estimates of fine root longevity and production in the forest floor of a temperate broadleaf forest // Plant and Soil, 2001. Vol. 229. P. 167–176.

Tierney G.L., Fahey T.J. Fine root turnover in a northern hardwood forest: a direct comparison of the radiocarbon and minirhizotron methods // Can. J. For. Res., 2002. Vol. 32. P. 1692–1697.

Tilman D. Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1988.

Tingey D.T., Phillips D.L., Johnson M.G. et al. Effects of elevated CO_2 and nitrogen on fine root dynamics and fungal growth in seedling *Pinus ponderosa* // Environ. Experim. Botany, 1997. Vol. 37. P. 73–83.

Tingey D.T., Phillips D.L., Johnson M.G. Elevated CO_2 and conifer roots: effects on growth, life span and turnover // New Phytologist, 2000. Vol. 147. P. 87–103.

Treviranus von. Physiologie der Gewächse. Berlin, 1838.

Tucker C.J., Holben B.N., Elgin J.H., McMurtrey J.E. Remote sensing of total dry matter accumulation in winter wheat // Remote Sens. Environ., 1981. Vol. 13. P. 461–474.

Tucker C.J., Fung I.Y., Keeling C.D., Gammon R.H. Relationship between atmospheric CO_2 variations and a satellite-derived vegetation index // Nature, 1986. Vol. 319. P. 195–199.

Tuhkanen S. A circumboreal system of climatic-phytogeographical regions // Acta Bot. Fennica, 1984. Vol. 127. P. 1–50.

Turner B., Wells K., Bauhus J. et al. Woody biomass: methods for estimating change. Australian Greenhouse Office. National Carbon Accounting System. Technical Report No. 3. 1999. 38 p. (http://www.greenhouse.gov.au).

Uchijima Z. Agroclimate evaluation of net primary productivity of natural vegetation. (1). Chikugo model for evaluating net primary productivity // J. Agr. Meteorol., 1985. Vol. 40. P. 343–352.

Upchurch D.R., Ritchie J.T. Root observations using a video recording systems in minirhizotrons // Agron. J., 1983. Vol. 75. P. 1009–1015.

Upchurch D.R., Ritchie J.T. Battery-operated color video camera for root observations in minirhizotrons // Agron. J., 1984. Vol. 76. P. 1015–1017.

Usoltsev V.A., Hoffmann C.W. A preliminary crown biomass table for even-aged *Picea abies* stands in Switzerland // Forestry, 1997. V. 70, No. 2. P. 103–112.

Usoltsev V.A., Koltunova A.I., Kajimoto T. et al. Geographical gradients of annual biomass production from larch forests in Northern Eurasia // Eurasian J. For. Res., 2002. Vol. 5. P. 55–62.

Valentini R., Matteucci G., Dolman A.J. et al. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests // Nature, 2000. Vol. 404. P. 861–865.

Valiela I., Teal J.M., Persson N.Y. Production and dynamics of experimentally enriched salt marsh vegetation: below-ground biomass // Limnology and Oceanography, 1976. Vol. 21. P. 245–252.

Vande Walle I., Mussche S., Samson R. et al. The above- and belowground carbon pools of two mixed deciduous forest stands located in East-Flanders (Belgium) // Ann. For. Sci., 2001. Vol. 58. P. 507–517.

Vanninen P., Ylitalo H., Sievänen R., Mäkelä A. Effects of age and site quality on the distribution of biomass in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) // Trees, 1996. Vol. 10. P. 231–238.

Van Noordwijk M., Hairiah K., Syekhfani M., Flach B. *Peltophorum pterocarpa* – a tree with a root distribution suitable for alley cropping // Plant roots and their environment. Eds. Persson H., McMichael B.L. Amsterdam: Elsevier, 1991. P. 526–532.

Van Noordwijk M., Lawson M., Soumaré A. et al. Root distribution of trees and crops: competition and/or complementarity // Tree – crop interactions. A physiological approach. Eds. Ong C.K., Huxley P. Cambridge: CAB International, 1996. P. 319–364.

Van Noordwijk M., Spek L.Y., de Willigen P. Proximal root diameters as predictors of total root system size for fractal branching models. 1. Theory // Plant and Soil, 1994. Vol. 164. P. 107–118.

Van Noordwijk M., Mulia R. Functional branch analysis as tool for fractal scaling above- and belowground trees for their additive and non-additive properties // Ecological Modelling, 2002. Vol. 149. P. 41–51.

Visonä L., Naviglio L., Simonetto L. et al. Researches on beech forest: 1. Structure and biomass of the beechwood in the Mount Terminillo I.B.P. station // Annali di Botanica, 1975. Vol. 34. P. 143–170.

Vitousek P.M., Sanford R.L.Jr. Nutrient cycling in moist tropical forest // Annu. Rev. Ecol. Syst., 1986. Vol. 17. P. 137–167.

Электронный архив УГЛТУ

Vogt K.A., Grier C.C., Gower S.T. et al. Overestimation of net root production: a real or imaginary problem? // Ecology, 1986a. Vol. 67, No. 2. P. 577–579.

Vogt K.A., Grier C.C., Vogt D.J. Production, turnover and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests // Advan. Ecol. Res., 1986b. Vol. 15. P. 303–377.

Vogt K.A., Grier C.C., Meier C.E., Edmonds R.L. Mycorrhizal role in net primary production and nutrient cycling in *Abies amabilis* ecosystems in Western Washington // Ecology, 1982. Vol. 63, No. 2. P. 370–380.

Vogt K.A., Persson H. Measuring growth and development of roots // Techniques and approaches in forest tree ecophysiology / Eds. Lassoie J.P., Hinckley T.M. Boca Raton: CRC Press, FL, 1991. P. 477–501.

Vogt K.A., Vogt D.J., Moore E.E. et al. Conifer and angiosperm fine-root biomass in relation to stand age and site productivity in Douglas-fir forests // J. Ecology, 1987. Vol. 75. P. 857–870.

Vogt K.A., Vogt D.J. Methodological considerations in measuring biomass, production, respiration and nutrient resorption for tree roots in natural ecosystems // Applications of continuous and steady-state methods to root biology. Eds. Torrey J., Winship L. Netherlands, Dordrecht: Kluwer, 1989. P. 217–232.

Vogt K.A., Vogt D.J., Bloomfield J. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forests at an ecosystem level // Plant and Soil, 1998. Vol. 200. P. 71–89.

Vogt K.A., Vogt D.J., Brown S. et al. Dynamics of forest floor and soil organic matter accumulation in boreal, temperate and tropical forests // Soil management and greenhouse effect. Eds. Lai R., Kimble J., Levine E., Stewart B.A. Boca Raton, FL: CRC, Lewis Publishers, 1995. P. 159–178.

Vogt K.A., Vogt D.J., Palmiotto P.A. et al. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species // Plant and Soil, 1996. Vol. 187. P. 159–219.

Volkmar K.M. A comparison of minirhizotron techniques for estimating root length density in soil of different bulk density // Plant and Soil, 1993. Vol. 157. P. 239–245.

Vyskot M. Tree story biomass in lowland forests in South Moravia // Rozpravy Československ. Akad. Ved, Řada Matemat. a Prirodnich Ved, 1976. Ročnik 86. Sešit 10. P. 1 –166.

Vyskot M. Bilance biomasy hlavnich lesnich drevin // Lesnictvi, 1980. Vol. 26, No. 10. P. 849–882 (чешск.).

Vyskot M. Biomass of the tree layer of a spruce forest in the Bohemian Uplands. Praha: Academia, 1981. 397 p.

Vyskot M. *Larix decidua* Mill. in biomass // Rozpravy Československ. Akad. Véd. Rada matemat. a prirod. Véd. Praha, 1982. Vol. 92, No. 8. P. 1–162.

Vyskot M. Young Scots pine in biomass // Rozpravy Ceskoslovenske Academie Véd; Rada matemat. a prirod. Véd. Praha, 1983. Vol. 93, No. 4. P. 1–148.

Wagner S. Die Rhizoscopie – Erfahrungen mit der störungsarmen Wurzelbeobachtung // Forst und Holz, 1994. Bd 49. S. 270–273.

Walker R.F., Geisinger D.R., Johnson D.W., Ball J.T. Elevated atmospheric CO_2 and soil N fertility effects on growth, mycorrhizal colonization and xylem water potential of juvenile ponderosa pine in a field soil // Plant and Soil, 1997. Vol. 195. P. 25–36.

Walter H., Box E. Global classification of natural terrestrial ecosystems // Vegetatio, 1976. Vol. 32, No. 2. P. 75–81.

Wan S., Norby R.J., Pregitzer K.S. et al. CO_2 enrichment and warming of the atmosphere enhance both productivity and mortality of maple tree fine roots // New Phytologist, 2004. Vol. 162. P. 437–446.

Wang C.K., Gower S.T., Wang Y.H. et al. The influence of fire on carbon distribution and net primary production of boreal *Larix gmelinii* forests in north-eastern China // Global Change Biol., 2001. Vol. 7. P. 719–730.

Wang K.-Y., Kellomäki S., Zha T.S., Peltola H. Component carbon fluxes and their contribution to ecosystem carbon exchange in a pine forest: an assessment based on eddy covariance measurements and an integrated model // Tree Physiology, 2004. Vol. 24. P. 19–34.

Wang Y., Zhao S.D. Productivity pattern of *Picea schrenkiana* var. *tianshanica* forest // Acta Phytoecologica Sinica, 2000. Vol. 24, No. 2. P. 186–190 (кит.).

Waring R.H., Schlesinger W.H. Forest ecosystems: concepts and management. New York: Acad. Press, 1985.

Weaver G.T. A comparison of models for estimating production of oak and hickory branches // Oslo Biomass Studies. Orono: Univ. Maine, 1976. P. 233–250.

Электронный архив УГЛТУ

Weaver J., Clements F. Plant ecology. N. Y., 1929. 601 p.

Weck J. Klimaindex und forstliches Produktionspotential. Ein weiterer Beitrag zum Problem ihrer Korrelation // Forstarchiv, 1960. Bd 31, Ht 7. S. 101–104.

Wenk G. Mathematische Formulierung von Wachstumsprozessen // Biom. Zeitschrift, 1973. Bd 15. S. 345–362.

West G.B., Brown J.H., Enquist B.J. A general model for the origin of allometric scaling laws in biology // Science, 1997. Vol. 276. P. 122–126.

West G.B., Brown J.H., Enquist B.J. A general model for the structure and allometry of plant vascular systems // Nature, 1999. Vol. 400. P. 664–667.

Whitfield J. All creatures great and small // Nature, 2001. Vol. 413. P. 342–344.

Whittaker R.H. Net production relations of shrubs in the Great Smoky Mountains // Ecology, 1962. Vol. 43. P. 357–377.

Whittaker R.H. Branch dimensions and estimation of branch production // Ecology, 1965. Vol. 46, No. 3. P. 365–370.

Whittaker R.H., Borman F.H., Likens G.E., Siccama T.G. The Hubbard brook ecosystem study: forest biomass and production // Ecol. Monographs, 1974. Vol. 44. P. 233–252.

Whittaker R.H., Marks P.L. Methods of assessing terrestrial productivity // Primary productivity of the biosphere. Eds. Lieth H., Whittaker R.H. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1975. P. 55–118 (Ecological Studies: Analysis and Synthesis. Vol. 14).

Whittaker R.H., Niering W.A. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arisona. V. Biomass, production and diversity along the elevation gradient // Ecology, 1975. Vol. 56. P. 771–790.

Whittaker R.H., Woodwell G.M. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven forest, New York // J. Ecology, 1968. Vol. 56, No. 1. P. 1–25.

Whittaker R.H., Woodwell G.M. Measurement of net primary production of forests // Productivity of forest ecosystems. Proc. Brussels Symposium. Ed. Duvigneaud P. Paris: Unesco, 1971. P. 159–175.

Widlowski J.-L., Verstraete M., Pinty B., Gobron N. Allometric relationships of selected European tree species: parametrizations of tree architecture for the purpose of 3-D canopy reflectance models used in the interpretation of remote sensing data. Italy, Ispra (VA): EC Joint Research Centre, TP 440, I-21020. 2003. 61 p. (http://europa.eu.int).

Willdenow O.L. Grundriss der Kräuterkunde zu Vorlesungen. Berlin, 1798. 298 s.

Wirth C., Schumacher J., Schulze E.-D. Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe – a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation // Tree Physiology, 2004. Vol. 24. P. 121–139.

Wirth C., Schulze E.-D., Schulze W. et al. Above-ground biomass and structure of pristine Siberian Scots pine forests as controlled by competition and fire // Oecologia, 1999. Vol. 121. P. 66–80.

Withington J.M., Elkin A.D., Bułaj B. et al. The impact of material used for minirhizotron tubes for root research // New Phytologist, 2003. Vol. 160. P. 533–544.

Woodward F.I., Smith T.M., Emanuel W.R. A global land primary productivity and phytogeography model // Global Biogeochem. Cycles, 1995. Vol. 9. P. 471–490.

Woodwell G.M., Whittaker R.H., Reiners W.A. et al. The biota and the world carbon budget // Science, 1978. Vol. 199. P. 141–146.

Xiao C.-W., Yuste J.C., Janssens I.A. et al. Above- and belowground biomass and net primary production in a 73-year-old Scots pine forest // Tree Physiology, 2003. Vol. 23. P. 505–516.

Xiao Y. Comparative studies on biomass and productivity of *Pinus tabulaeformis* plantations in different climatic zones in Shaanxi province // Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica, 1990. Vol. 14, No. 3. P. 237–246 (кит.).

Xing Z., Bourque C.P.-A., Swift D.E. et al. Carbon and biomass partitioning in balsam fir (*Abies balsamea*) // Tree Physiology, 2005. Vol. 25. P. 1207–1217.

Xu Z., Dai H., Li X., Dai L. Biological production of major forest types in the Great Xingan mountains // J. Ecology, 1988. No. 7 (Suppl.). P. 49–59 (кит.).

Yamada I., Shidei T. On the root biomass of *Cryptomeria japonica* stands // Bull. Kyoto Univer. For., 1968. Vol. 40. P. 67–92.

Yasui H., Fujie I. Studies on the productive structure of Shirakashi (*Cyclobalanopsis mytsinaefolia* Oerst.) coppice forest managed by selection method. 8. On the growth and the biomass at the Shirakashi sprout forest by clearing system // Bull. Fac. Agr. Univer. Shimane, 1971. Vol. 4. P. 85–92.

Электронный архив УГЛТУ

Yasui H., Narita T. Studies on the selection forest of Ate (*Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc. var. hondai Makino). 3. Biomass of Maate (a cv. of Ate) selection forest // Bull. Fac. Agr. Univ. Shimane, 1972. Vol. 6. P. 39–44.

Yin X., Perry J.A., Dixon R.K. Fine-root dynamics and biomass distribution in a *Quercus* ecosystem following harvesting // Forest Ecology and Management, 1989. Vol. 27. P. 159–177.

Yoshino M.M. Some local characteristics of the winds as revealed by wind-shaped trees in the Rhone valley in Switzerland // Erdkunde, 1964. Bd 18. No. 1.

Yoshino M.M. Wind-shaped trees as indicators of micro- and local climate wind situation // Biomeleorology. Vol. 2. Part 2. Pergamon Press, 1967.

Yoshioka K., Miyagawa Y. On the productivity the different of stand densities in Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) // Bull. Nagasaki Agric. For. Experim. Station., 1965. Vol. 1. P. 34–43.

Young H.E. A summary and analysis of weight table studies // Oslo Biomass Studies. Orono: Univ. Maine, 1976. P. 251–282.

Yuste J.C., Konôpka B., Janssens I.A. et al. Contrasting net primary productivity and carbon distribution between neighboring stands of *Quercus robur* and *Pinus sylvestris* // Tree Physiology, 2005. Vol. 25. P. 701–712.

Zarnoch S.J., Marx D.H., Ruehle J.L., Baldwin V.C. Sampling open-top chambers and plantations for live fine-root biomass of loblolly pine. USDA Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station. Research Note SE-368. 1993. P. 1– 20.

Zeide B. Fractal geometry in forestry applications // Forest Ecol. Management, 1991. Vol. 46. P. 179–188.

Zeide B. Primary unit of the tree crown // Ecology, 1993. Vol. 74. P. 1598–1602.

Zhang F., Shangguan T. On synecological features and biomass of *Larix principis-rupprechtii* forest in Guandi Mountain, Shanxi Province // J. Shanxi University, 1992. Vol. 15, No. 1. P. 72–77 (кит.).

Zhang H. Study on *Larix olgensis* // Jilin For. Technol., 1992. No. 3. P. 5–7 (кит.).

Zhang Y. Preliminary study on biomass measurement of *Picea* spp. in Xueling // J. Xinjiang Bayi Agric. College, 1980. No. 3. P. 19–25 (кит.).

Zheng D., Freeman M., Bergh J. et al. Production of *Picea abies* in south-east Norway in response to climate change: A case study using process-based model simulation with field validation // Scand. J. For. Res., 2002. Vol. 17. P. 35–46.

Zhu X., Shi Q., Li Y. et al. Biomass of forest in Datongbao Reservoir, Qinghai Province // Qinghai Agrofor. Technol., 1993. No. 1. P. 15–20 (кит.).

Zianis D., Mencuccini M. On simplifying allometric analyses of forest biomass // Forest Ecol. Management, 2004. Vol. 187. P. 311–332.

Zimmermann M.H., Brown C.L. Trees: structure and function. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1971. 336 p.

Zobel R.W. Fine roots – discarding flawed assumptions // New Phytologist, 2003a. Vol. 160. P. 276–279.

Zobel R.W. Sensitivity analysis of computer-based diameter measurement from digital images // Crop Science, 2003b. Vol. 43. P. 583–591.

Zschokke H. Die Alpenwälder. Gotta-sche Buchhandlung: Tübingen, 1804.

Zschokke H. Beobachtungen im Hochgebirge auf einer Alpenreise im Sommer 1803 // Wochenschrift von deutschen und schweizerischen Gelehrten. Bd I–II. Zürich, 1805.

Электронный архив УГЛТУ

ПРИЛОЖЕНИЯ

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 1а

Обмер секций и расчет сухой массы древесины и коры ствола по переводным коэффициентам

Пробная площадь № _____ Модельное дерево № _____

D = см; $D_{осн.кр}$ = см; H = м; $L_{кроны}$ = м; A = лет; $A_{кроны}$ = лет															
Доли H	Диаметр ствола в секции, см						Площадь сечения, $см^2$		Объем, $дм^3$		Базисная плотность, $г/см^3$		Сухая масса, кг		
	в коре			без коры											
	вдоль	поперек	среднее	вдоль	поперек	среднее	в коре	без коры	древе-сины	коры	древе-сины	коры	древе-сины	коры	итого
0 0,1 **0,2** 0,3 0,4 **0,5** 0,6 0,7 **0,8** 0,9															
Вершинка															
Итого															
			В 1б			В 1б и 3						Из 1б			

Примечание. Полужирным выделены сечения ствола, от которых берутся диски для расчета переводных коэффициентов.

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 1б

Взятие дисков ствола для расчета переводных коэффициентов

Пробная площадь № _____ Модельное дерево № _____

Доли *H*	*D*, см		Толщина диска, см	Объем диска, см^3			Свежая масса, г			Абсолютно сухая масса, г		Содержание сухого вещества в		Базисная плотность, г/см^3	
	в коре	без коры		в коре	без коры	коры	в коре	без коры	коры	древе-сины	коры	древе-сине	коре	древе-сины	коры
0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				
0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				
0,2															
0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				
0,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				
0,5															
0,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				
0,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				
0,8															
0,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				
Итого	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–				
	Из 1а													В 1а	

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 2а

Обработка кроны модельных деревьев с разделением на фракции и перевод на абсолютно сухое состояние (при учете только фитомассы дерева)

Пробная площадь № _____

№ модели	Вся крона дерева, кг			Навеска ДЗ, г				Крона в свежем состоянии, кг		Содержание сухого вещества		Крона в абсолютно сухом состоянии, кг	
	Всего	В том числе		Всего	В том числе		Доля хвои в ДЗ	Хвоя	Скелет (с побегами)	Хвоя	Скелет	Хвоя	Скелет (с побегами)
		Скелет	ДЗ		Побеги	Хвоя							
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 2б

Обработка навесок листвы и скелета кроны, взятых для определения содержания абсолютно сухого вещества

Пробная площадь № _____

№ модели	№ секции кроны	Фракция кроны*	Масса навески, г					Содержание сухого вещества
			свежая с бюксом	сухая с бюксом	бюкс	свежая без бюкса	сухая без бюкса	
1	1	Х						
		С						
	2	Х						
		С						
	3	Х						
		С						
2	1	Х						
		С						
	2	Х						
		С						
	3	Х						
		С						
3	1	Х						
		С						
	2	Х						
		С						
	3	Х						
		С						
4	1	Х						
		С						
	2	Х						
		С						
	3	Х						
		С						
5	1	Х						
		С						
	2	Х						
		С						
	3	Х						
		С						

* Х – хвоя, С – скелет кроны.

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 3

Обмер секций и расчет прироста сухой массы древесины ствола (дополнение к приложению 1а)

Пробная площадь № _____ Модельное дерево № _____

Доли *H*	*D* без коры, см	Прирост за последние 5 лет по 4 радиусам, мм					*D* 5 лет назад, см	Площадь сечений, $см^2$		Объем древесины, $см^3$		Прирост по объему, $см^3$	Базисная плотность, $г/см^3$	Прирост по массе, г
		1	2	3	4	средний		полная	5 лет назад	полный	5 лет назад			
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9														
Вершинка														
Итого														
	Из 1а												Из 1б	

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 4а

Обработка модельных ветвей кроны и определение их фитомассы и первичной продукции

Пробная площадь № _____

№ модели	№ секции кроны*	Модельная ветвь в свежем состоянии, кг									
		Всего	В том числе							Доля хвои (1 + 2) в ДЗ	Относительный прирост хвои (1):(1 + 2)
			Скелет без ДЗ	Скелет с побегами	ДЗ						
					Всего	В том числе					
						Побеги	Хвоя**				
							(1)	(2)	(1) + (2)		
1	1 2 3										
2	1 2 3										
3	1 2 3										
4	1 2 3										
5	1 2 3										
				В 4б					В 4б	В 4б	В 4б

* Нумерация секций от вершины ствола; ** (1) – хвоя текущего года, (2) – хвоя прошлых лет.

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 4б

Обработка кроны модельных деревьев с разделением на фракции, перевод на абсолютно сухое состояние и определение фитомассы и годичного прироста хвои и скелета ветвей дерева

Пробная площадь № _____

№ модели	№ секции кроны*	Вся крона дерева (без модельной ветви), кг			Доля хвои в ДЗ	Крона свежая (без модельной ветви), кг			Модельная ветвь		Вся крона свежая, кг		Содержание сухого вещества		Относительный прирост хвои	Вся крона в абсолютно сухом состоянии, кг					
		Всего	В том числе			Хвоя	Побеги	Скелет с побегами	Хвоя	Скелет с побегами	Хвоя	Скелет с побегами	Хвоя	Скелет с побегами		Хвоя		Прирост хвои		Скелет	
			Скелет без ДЗ	ДЗ												по секциям	всего дерева	по секциям	всего дерева	по секциям	всего дерева
1	1																				
	2																				
	3																				
2	1																				
	2																				
	3																				
3	1																				
	2																				
	3																				
4	1																				
	2																				
	3																				
5	1																				
	2																				
	3																				
					Из 4а				Из 4а						Из 4а						

Электронный архив УГЛТУ

Фактические значения фитомассы модельных деревьев в экотопе Тылайского Кампя

№ модели	Порода*	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Масса древесины ствола, кг		Масса коры ствола, кг		Масса кроны, кг						Надземная фитомасса, кг		Масса корней, кг	
									Всего		Хвоя		Ветви					
					свежая	сухая	свежая	сухая	свежая	сухая	свежая	сухая	свежая	сухая	свежая	сухая	свежая	сухая
Высотный уровень 1 (960 м над ур. м.)																		
1	Е	28	1,0	1,45	1,033	0,554	0,172	0,071	1,815	0,867	0,950	0,386	0,865	0,481	3,020	1,492	1,88	0,719
2	Е	28	1,95	1,77	1,127	0,541	0,203	0,080	1,515	0,666	0,645	0,226	0,870	0,440	2,845	1,287	2,03	0,864
3	Е	28	4,0	2,20	2,599	1,291	0,541	0,230	4,935	2,113	2,244	0,831	2,691	1,282	8,075	3,634	–	–
4	Е	28	3,3	2,30	3,027	1,423	0,628	0,219	4,295	1,766	2,184	0,751	2,111	1,015	7,950	3,408	–	–
5	Е	28	4,8	2,95	3,781	2,195	0,704	0,272	4,035	1,819	2,256	0,864	1,779	0,955	8,520	4,286	4,65	1,583
7	Е	28	6,9	3,10	8,078	3,875	1,222	0,497	11,83	4,97	4,922	1,790	6,906	3,183	21,13	9,345	–	–
8	Е	28	15,0	4,95	43,35	23,17	3,319	1,575	69,88	32,84	34,67	14,14	35,21	18,70	116,5	57,58	47,70	21,67
9	Е	28	9,7	4,07	17,67	9,216	2,390	0,954	24,47	11,48	11,13	4,461	13,34	7,015	44,53	21,65	–	–
6	К	40	1,0	1,40	0,353	0,074	0,082	0,038	1,099	0,407	0,490	0,167	0,609	0,240	1,534	0,519	1,29	0,452
10	К	40	3,9	2,56	2,78	1,263	0,783	0,287	1,095	0,472	0,333	0,117	0,762	0,355	4,655	2,022	–	1,76
Высотный уровень 2 (924 м над ур. м.)																		
1	Е	79	7,5	3,50	12,28	6,355	1,249	0,496	18,42	7,835	7,601	2,917	10,82	4,918	31,95	14,69	–	–
2	Е	79	2,2	1,80	2,658	1,301	0,633	0,273	3,275	1,175	1,709	0,531	1,566	0,644	6,566	2,749	1,75	0,792
3	Е	79	4,1	2,25	4,139	2,114	0,906	0,306	4,800	1,972	2,51	1,054	2,287	0,918	9,845	4,392	3,10	1,234
4	Е	79	11,6	4,06	21,40	11,24	2,651	1,089	22,24	9,709	9,34	3,450	12,90	6,259	46,28	22,03	–	–
5	Е	79	17,5	6,50	72,53	64,97	6,084	2,178	37,73	16,12	18,34	6,581	19,38	9,534	116,3	83,27	52,80	25,2
Высотный уровень 3 (864 м над ур. м.)																		
1	Е	99	5,0	3,00	3,894	1,889	1,046	0,408	3,885	1,801	2,12	0,979	1,769	0,822	8,825	4,10	2,50	1,067
2	Е	99	24,0	8,80	120,0	79,68	10,94	5,314	123,6	74,08	42,14	18,30	81,48	55,8	254,5	159,1	60,20	26,16
3	Е	99	8,4	3,50	14,00	6,331	1,179	0,521	18,39	7,704	8,498	3,251	9,892	4,45	33,57	14,56	–	–
4	Е	99	12,7	5,50	35,73	17,80	3,274	1,271	43,54	18,99	17,00	7,224	26,55	11,76	82,55	38,06	–	–
9	Е	99	20,7	8,00	102,3	56,44	7,078	3,142	101,8	49,82	35,79	16,18	65,96	33,64	211,1	109,4	–	–
10	Е	99	15,5	7,30	36,01	18,87	3,102	1,058	55,16	27,48	34,15	15,12	21,01	12,36	94,28	47,40	–	–
5	Б	97	8,1	7,30	15,01	9,334	1,490	0,855	3,500	1,795	1,171	0,401	2,329	1,394	20,00	11,98	5,50	2,40
6	Б	97	19,5	5,65	72,98	50,44	5,433	3,203	49,33	28,67	8,33	2,523	41,00	26,15	127,7	82,31	–	–
7	Б	97	16,0	7,60	64,37	44,21	4,327	2,217	36,99	19,41	9,13	2,699	27,87	16,72	105,7	65,84	50,70	24,89
8	Б	97	11,8	6,50	27,87	17,17	2,977	1,500	17,94	9,08	4,92	1,270	13,02	7,810	48,79	27,75	–	–

* Здесь и далее Е – ель, К – кедр сибирский, Б – береза.

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 6

Эскизы таблиц хода роста надземной фитомассы культур сосны в абсолютно сухом состоянии для Урало-Тургайско-Западносибирского региона

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, $м^2$/га	Густота, экз/га	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га			
						стволов в коре	хвои	ветвей	всего
Южная тайга, I класс бонитета (Сухоложский лесхоз)									
15	5,6	6,8	15,4	4210	43,4	16,9	8,0	6,6	31,5
20	7,9	8,6	22,3	3877	96,0	35,7	8,5	9,0	53,2
25	10,4	10,2	29,8	3637	178	54,5	9,0	11,5	75,0
30	13,0	11,8	37,7	3452	293	86,1	9,3	14,0	109,4
35	15,7	13,3	46,1	3303	449	117,7	9,7	16,5	143,9
Южная тайга, II класс бонитета (Билимбаевский лесхоз)									
15	4,7	7,5	10,9	2480	38,8	21,7	5,68	4,64	32,0
25	9,3	12,0	22,8	2020	123	69,9	6,37	8,06	84,3
35	14,4	16,4	37,2	1760	263	151,1	6,88	11,6	169,6
45	20,1	20,6	53,0	1590	464	268,7	7,28	15,2	291,2
Горная южная тайга, II класс бонитета (Катав-Ивановский лесхоз)									
15	5,7	5,5	4,7	1970	–	12,5	3,82	3,29	19,6
25	12,9	8,8	9,7	1600	–	40,3	4,28	5,71	50,3
35	17,2	12,1	16,1	1400	–	87,2	4,62	8,21	100,0
45	18,9	15,2	22,9	1260	–	155,1	4,89	10,8	170,8
Сухая степь, III класс бонитета (Семиозерный лесхоз)									
15	3,7	4,4	11,7	7671	53,6	14,0	6,47	4,26	24,7
20	5,3	6,2	18,4	6145	87,7	26,8	7,03	5,59	39,4
25	7,2	7,5	26,2	5894	128	44,2	6,76	6,53	57,5
30	9,4	8,5	34,9	6199	175	66,6	6,12	7,16	79,9
35	11,9	9,1	44,6	6865	228	94,2	5,36	7,55	107

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м²/га	Густота, экз/га	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га			
						стволов в коре	хвои	ветвей	всего
Лесостепь (*Саратский лесхоз*)									
Класс бонитета Iа									
10	5,6	6,2	8,0	2693	30	9,93	4,40	4,00	18,3
15	8,2	9,3	17,2	2541	81	27,5	8,46	8,87	44,8
20	10,7	11,8	26,3	2396	146	50,5	11,2	12,7	74,5
25	13,1	13,9	34,2	2266	217	75,8	12,5	15,0	103,4
30	15,3	15,5	40,5	2151	290	101,3	12,8	16,0	130,0
35	17,5	16,8	45,4	2049	360	125,6	12,4	15,9	153,9
40	19,5	17,9	49,1	1958	425	148,0	11,7	15,3	175,0
45	21,5	18,7	51,6	1877	485	168,2	10,7	14,3	193,2
50	23,5	19,4	53,2	1803	539	186,0	9,78	13,2	209,0
Класс бонитета I									
10	4,4	5,5	5,9	2470	18	6,20	3,73	2,80	12,7
15	6,5	8,3	12,7	2331	48	17,2	7,16	6,21	30,5
20	8,5	10,6	19,3	2198	86	31,5	9,47	8,92	49,9
25	10,4	12,4	25,1	2079	128	47,3	10,6	10,5	68,4
30	12,2	13,9	29,8	1973	171	63,2	10,8	11,2	85,2
35	13,9	15,0	33,4	1880	213	78,3	10,5	11,2	100,0
40	15,5	16,0	36,1	1797	251	92,3	9,87	10,7	112,9
45	17,1	16,8	37,9	1722	287	104,9	9,10	10,0	124,0
50	18,7	17,4	39,1	1654	319	116,0	8,28	9,24	133,5
Класс бонитета II									
10	3,6	5,0	4,5	2287	11	4,06	3,21	2,04	9,31
15	5,3	7,5	9,6	2158	30	11,3	6,17	4,52	21,9
20	6,9	9,6	14,7	2035	54	20,7	8,16	6,49	35,3

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

25	8,4	11,2	19,1	1924	80	31,0	9,11	7,66	47,8
30	9,9	12,6	22,6	1827	107	41,4	9,31	8,13	58,9
35	11,3	13,6	25,4	1740	133	51,4	9,04	8,12	68,5
40	12,6	14,5	27,4	1663	157	60,5	8,50	7,79	76,8
45	13,9	15,2	28,8	1594	179	68,8	7,84	7,30	83,9
50	15,2	15,7	29,7	1531	199	76,1	7,13	6,72	89,9
				Класс бонитета III					
10	2,9	4,5	3,3	2093	6	2,50	2,71	1,41	6,62
15	4,2	6,7	7,0	1975	17	6,92	5,20	3,13	15,3
20	5,5	8,6	10,7	1862	31	12,7	6,87	4,50	24,1
25	6,7	10,0	13,9	1761	47	19,1	7,67	5,31	32,1
30	7,8	11,2	16,5	1672	62	25,5	7,84	5,63	39,0
35	8,9	12,2	18,5	1593	77	31,6	7,62	5,63	44,9
40	10,0	12,9	20,0	1522	91	37,2	7,16	5,40	49,8
45	11,0	13,5	21,0	1458	104	42,3	6,60	5,06	54,0
50	12,0	14,0	21,7	1401	116	46,8	6,01	4,66	57,5

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 7

Квалиметрические показатели фитомассы модельных деревьев в культурах сосны южной тайги (Сухоложский лесхоз)

№ модели	Диаметр, см	Высота, м	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
Пробная площадь № 1								
5	7,2	14,6	40,0	60,0	52,0	42,1	0,398	0,272
6	8,2	15,2	33,0	33,0	47,7	42,4	0,360	0,270
7	8,8	14,9	34,9	39,5	48,0	42,0	0,380	0,273
4	10,5	18,1	44,7	55,7	47,2	42,8	0,391	0,254
3	14,0	16,6	42,5	48,3	49,0	44,6	0,362	0,287
2	16,0	18,5	49,5	52,5	45,2	42,4	0,384	0,281
1	20,0	17,6	48,6	52,6	37,7	38,6	0,312	0,268
5	7,2	14,6	40,0	60,0	52,0	42,1	0,398	0,272
Пробная площадь № 2								
6	2,4	3,0	41,0	44,0	40,6	37,3	0,343	0,257
8	3,3	4,2	47,0	50,0	39,7	55,0	0,292	0,504
7	3,4	5,0	45,0	40,0	38,4	40,3	0,324	0,326
5	5,4	6,0	42,2	41,2	38,7	43,1	0,358	0,284
1	5,6	4,7	41,2	31,7	35,3	44,3	0,325	0,294
4	6,5	5,2	45,9	35,8	39,6	45,4	0,329	0,315
3	8,7	6,1	45,7	39,2	35,5	50,1	0,317	0,297
2	10,5	6,3	43,8	38,1	38,7	47,0	0,361	0,273
Пробная площадь № 3								
2	3,0	6,2	32,9	32,5	42,9	41,2	0,381	0,292
1	3,7	5,8	38,0	50,0	41,9	40,9	0,365	0,293
3	6,0	7,2	37,6	36,6	37,5	34,2	0,348	0,283
4	6,8	7,3	39,0	33,0	37,2	37,7	0,320	0,322
5	7,0	8,9	34,4	33,0	41,4	39,1	0,333	0,319
6	7,5	8,9	43,3	33,9	39,5	39,6	0,339	0,280
8	9,5	7,8	44,6	23,2	38,1	50,3	0,342	0,267
7	11,5	8,3	46,8	20,0	38,3	47,0	0,339	0,277
Пробная площадь № 4								
8	4,2	5,9	35,5	47,5	47,4	44,5	0,364	0,251
6	7,3	10,3	39,4	71,2	44,7	44,0	0,354	0,256
7	8,0	8,8	43,6	23,4	42,0	49,1	0,341	0,215
5	9,5	12,1	43,6	41,8	37,3	37,2	0,319	0,283
4	10,2	13,2	40,4	14,5	42,0	46,3	0,335	0,283
3	14,6	13,9	41,8	38,7	37,0	39,8	0,313	0,203
2	14,9	13,8	42,5	35,8	41,1	47,8	0,315	0,311
1	18,5	14,3	38,7	41,5	39,3	44,6	0,338	0,237
Пробная площадь № 5								
7	3,7	5,6	46,2	50,0	46,4	42,4	0,376	0,276
6	3,8	6,1	29,9	33,1	43,8	42,7	0,298	0,277
4	6,2	7,1	40,0	50,0	40,9	39,9	0,332	0,316
5	9,0	9,8	44,3	29,0	39,8	43,3	0,337	0,289
3	11,0	9,4	44,1	34,5	37,8	44,8	0,317	0,375
2	13,3	9,4	43,3	33,4	38,2	39,7	0,380	0,176
1	17,3	10,5	45,5	38,8	37,0	41,1	0,322	0,213

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 8

Квалиметрические показатели фитомассы модельных деревьев в культурах сосны лесостепи (Саргатский лесхоз)

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
Возрастной ряд для Ia–I классов бонитета								
Пробная площадь № 1								
10	4,5	2	0,42	0,45	0,30	0,41	0,288	0,255
10	5,0	2	0,38	0,43	0,32	0,54	0,321	0,253
10	5,5	2	0,47	0,49	0,32	0,43	0,326	0,201
10	6,0	2	0,49	0,51	0,34	0,53	0,296	0,334
10	6,5	2	0,46	0,42	0,35	0,53	0,319	0,224
10	7,0	2	0,59	0,43	0,34	0,45	0,335	0,182
Пробная площадь № 2								
21	8,9	2	0,44	0,54	0,45	0,41	0,339	0,209
21	10,1	2	0,38	0,49	0,40	0,42	0,313	0,365
21	11,3	2	0,39	0,45	0,44	0,54	0,373	0,286
21	12,5	2	0,46	0,50	0,38	0,44	0,341	0,309
21	13,7	2	0,42	0,45	0,40	0,41	0,358	0,263
21	14,9	2	0,45	0,51	0,38	0,43	0,309	0,288
21	16,1	2	0,50	0,46	0,39	0,31	0,374	0,317
Пробная площадь № 3								
30	8,0	2	0,49	0,54	0,44	0,56	0,331	0,390
30	10,0	2	0,45	0,49	0,45	0,53	0,393	0,308
30	12,0	2	0,45	0,46	0,39	0,53	0,324	0,295
30	14,0	2	0,40	0,46	0,43	0,60	0,383	0,255
30	16,0	2	0,62	0,44	0,42	0,54	0,385	0,308
30	18,0	2	0,58	0,47	0,43	0,52	0,334	0,282
30	19,5	2	0,53	0,48	0,39	0,48	0,330	0,274
30	21,0	2	0,48	0,49	0,40	0,39	0,362	0,269
Пробная площадь № 4								
40	10,1	1	0,54	0,62				
40	10,1	2	0,65	0,63	0,50	0,38	0,410	0,235
40	10,1	3	0,58	0,55				
40	12,0	1	0,52	0,49				
40	12,0	2	0,61	0,56	0,49	0,39	0,360	0,314
40	12,0	3	0,52	0,51				
40	14,2	1	0,52	0,50				
40	14,2	2	0,52	0,57	0,50	0,38	0,410	0,245
40	14,2	3	0,52	0,51				
40	15,0	1	0,59	0,60				
40	15,0	2	0,55	0,59	0,50	0,40	0,370	0,298
40	15,0	3	0,67	0,52				
40	16,2	1	0,52	0,55				

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
40	16,2	2	0,55	0,54	0,50	0,40	0,366	0,278
40	16,2	3	0,53	0,51				
40	17,1	1	0,61	0,52				
40	17,1	2	0,58	0,62	0,50	0,37	0,389	0,379
40	17,1	3	0,57	0,60				
40	18,5	1	0,56	0,56				
40	18,5	2	0,55	0,55	0,47	0,37	0,373	0,201
40	18,5	3	0,56	0,52				
40	19,6	2	0,65	0,61	0,46	0,39	0,394	0,280
Пробная площадь № 5								
50	10,2	1	0,53	0,56				
50	10,2	2	0,57	0,60	0,57	0,39	0,337	0,256
50	10,2	3	0,58	0,59				
50	12,2	1	0,59	0,56				
50	12,2	2	0,54	0,64	0,59	0,37	0,402	0,307
50	12,2	3	0,50	0,60				
50	13,1	1	0,61	0,53				
50	13,1	2	0,69	0,60	0,51	0,35	0,348	0,261
50	13,1	3	0,72	0,55				
50	14,0	1	0,64	0,52				
50	14,0	2	0,67	0,52	0,59	0,37	0,426	0,452
50	14,0	3	0,62	0,57				
50	15,4	1	0,64	0,49				
50	15,4	2	0,70	0,49	0,57	0,35	0,376	0,214
50	15,4	3	0,60	0,55				
50	16,2	1	0,54	0,45				
50	16,2	2	0,61	0,54	0,59	0,48	0,392	0,255
50	16,2	3	0,69	0,51				
50	17,4	1	0,58	0,55				
50	17,4	2	0,62	0,57	0,61	0,39	0,400	0,263
50	17,4	3	0,53	0,58				
50	18,6	1	0,58	0,54				
50	18,6	2	0,69	0,57	0,38	0,38	0,297	0,364
50	18,6	3	0,61	0,56				
50	20,7	2	0,59	0,62	0,50	0,38	0,328	0,361
Эдафический ряд для возраста 20 лет								
Пробная площадь № 6								
20	6,9	1	0,56	0,58				
20	6,9	2	0,55	0,54	0,45	0,21	0,384	0,327
20	6,9	3	0,52	0,51				
20	8,0	1	0,65	0,55				
20	8,0	2	0,66	0,53	0,42	0,39	0,379	0,348

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
20	8,0	3	0,45	0,54				
20	9,1	1	0,59	0,60				
20	9,1	2	0,52	0,55	0,43	0,36	0,363	0,295
20	9,1	3	0,62	0,48				
20	10,0	1	0,56	0,60				
20	10,0	2	0,52	0,51	0,42	0,39	0,390	0,260
20	10,0	3	0,56	0,59				
20	11,0	1	0,56	0,48				
20	11,0	2	0,52	0,55	0,38	0,34	0,342	0,271
20	11,0	3	0,52	0,51				
20	12,4	2	0,67	0,65	0,36	0,38	0,309	0,216
20	13,0	2	0,64	0,62	0,40	0,36	0,324	0,303
20	14,1	2	0,67	0,75	0,39	0,37	0,384	0,251
Пробная площадь № 7								
20	6,0	1	0,61	0,66				
20	6,0	2	0,56	0,57	0,44	0,33	0,373	0,268
20	6,0	3	0,60	0,63				
20	8,1	1	0,63	0,65				
20	8,1	2	0,58	0,51	0,48	0,39	0,377	0,336
20	8,1	3	0,63	0,65				
20	10,0	1	0,45	0,46				
20	10,0	2	0,54	0,61	0,39	0,32	0,345	0,170
20	10,0	3	0,57	0,57				
20	10,8	1	0,54	0,64				
20	10,8	2	0,56	0,58	0,40	0,36	0,370	0,293
20	10,8	3	0,69	0,58				
20	11,8	1	0,60	0,73				
20	11,8	2	0,54	0,67	0,39	0,40	0,379	0,231
20	11,8	3	0,54	0,64				
20	13,0	1	0,56	0,63				
20	13,0	2	0,55	0,64	0,43	0,46	0,472	0,316
20	13,0	3	0,63	0,74				
20	14,1	1	0,60	0,55				
20	14,1	2	0,55	0,53	0,42	0,46	0,427	0,230
20	14,1	3	0,75	0,53				
20	15,1	1	0,69	0,73				
20	15,1	2	0,50	0,57	0,37	0,36	0,339	0,284
20	15,1	3	0,59	0,58				
20	16,2	2	0,54	0,60	0,39	0,41	0,314	0,240
Пробная площадь № 8								
20	6,7	1	0,444	0,571				
20	6,7	2	0,588	0,593	0,50	0,44	0,427	0,369

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
20	6,7	3	0,529	0,556				
20	7,9	1	0,567	0,632				
20	7,9	2	0,556	0,549	0,44	0,37	0,398	0,277
20	7,9	3	0,700	0,614				
20	9,1	1	0,656	0,610				
20	9,1	2	0,556	0,520	0,41	0,42	0,366	0,374
20	9,1	3	0,538	0,514				
20	10,0	1	0,536	0,529				
20	10,0	2	0,560	0,531	0,37	0,34	0,350	0,296
20	10,0	3	0,542	0,563				
20	11,0	1	0,552	0,537				
20	11,0	2	0,556	0,582	0,45	0,42	0,414	0,276
20	11,0	3	0,613	0,571				
20	11,9	2	0,586	0,547	0,40	0,43	0,394	0,298
20	13,3	2	0,567	0,614	0,40	0,33	0,353	0,278
20	14,0	2	0,571	0,543	0,39	0,40	0,385	0,380
Пробная площадь № 9								
20	5,0	1	0,54	0,59				
20	5,0	2	0,55	0,56	0,44	0,44	0,410	0,264
20	5,0	3	0,55	0,65				
20	5,9	1	0,53	0,52				
20	5,9	2	0,59	0,61	0,44	0,47	0,441	0,298
20	5,9	3	0,59	0,59				
20	6,9	1	0,54	0,55				
20	6,9	2	0,63	0,57	0,42	0,48	0,365	0,268
20	6,9	3	0,59	0,58				
20	8,0	1	0,59	0,54				
20	8,0	2	0,67	0,63	0,48	0,39	0,420	0,215
20	8,0	3	0,56	0,56				
20	8,9	1	0,57	0,52				
20	8,9	2	0,59	0,58	0,48	0,39	0,414	0,175
20	8,9	3	0,56	0,54				
20	9,8	1	0,57	0,55				
20	9,8	2	0,57	0,63	0,40	0,45	0,372	0,244
20	9,8	3	0,56	0,54				
20	11,0	2	0,67	0,62	0,41	0,47	0,377	0,327
20	12,2	2	0,63	0,54	0,37	0,39	0,348	0,284

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 9

Квалиметрические показатели фитомассы модельных деревьев в культурах сосны сухой степи (Семиозерный лесхоз)

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
Возрастной ряд для II класса бонитета, свежий бор								
Пробная площадь № 5								
9	4,2	1	0,424					
9	4,2	2	–	0,427	0,331	0,448	0,312	0,230
9	4,2	3	0,454					
9	3,2	1	0,415					
9	3,2	2	–	0,421	0,343	0,466	0,314	0,274
9	3,2	3	0,476					
9	3,0	1	0,413					
9	3,0	2	–	0,485	0,377	0,476	0,367	0,258
9	3,0	3	0,455					
9	3,0	1	0,402					
9	3,0	2	–	0,478	0,340	0,467	0,320	0,235
9	3,0	3	0,442					
9	2,6	1	0,408					
9	2,6	2	–	0,423	0,342	0,489	0,318	0,211
9	2,6	3	0,444					
9	2,3	1	0,428					
9	2,3	2	–	0,551	0,379	0,510	0,346	0,269
9	2,3	3	0,467					
9	2,1	1	0,410					
9	2,1	2	–	0,451	0,353	0,438	0,335	0,241
9	2,1	3	0,446					
9	1,2	1	0,377					
9	1,2	2	–	0,450	0,426	0,419	0,405	0,299
9	1,2	3	0,422					
9	0,9	1	0,390					
9	0,9	2	–	0,459	0,380	0,438	0,365	0,309
9	0,9	3	0,414					
9	0,4	1	0,398					
9	0,4	2	–	0,486	0,405	0,419	0,381	0,284
9	0,4	3	0,442					
Пробная площадь № 6								
13	7,4	1	0,399					
13	7,4	2	0,473	0,393	0,377	0,469	0,356	0,250
13	7,4	3	0,486					
13	4,7	1	0,430					
13	4,7	2	0,472	0,406	0,380	0,533	0,336	0,277
13	4,7	3	0,488					
13	4,2	1	0,457					
13	4,2	2	–	0,464	0,361	0,479	0,352	0,283

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
13	4,2	3	0,495					
13	3,7	1	0,439					
13	3,7	2	0,500	0,485	0,368	0,456	0,342	0,286
13	3,7	3	0,547					
13	2,5	1	0,404					
13	2,5	2	0,453	0,439	0,418	0,506	0,372	0,287
13	2,5	3	0,536					
Пробная площадь № 7								
19	14,9	1	0,448					
19	14,9	2	0,503	0,438	0,393	0,633	0,384	0,272
19	14,9	3	0,490					
19	11,0	1	0,464					
19	11,0	2	0,495	0,511	0,432	0,601	0,403	0,277
19	11,0	3	0,489					
19	8,8	1	–					
19	8,8	2	0,504	0,466	0,461	0,612	0,422	0,315
19	8,8	3	–					
19	7,7	1	0,464					
19	7,7	2	0,517	0,469	0,410	0,579	0,388	0,336
19	7,7	3	0,510					
19	7,6	1	0,493					
19	7,6	2	0,522	0,483	0,465	0,697	0,408	0,289
19	7,6	3	0,519					
19	5,4	1	0,503					
19	5,4	2	0,504	0,448	0,437	0,580	0,399	0,357
19	5,4	3	0,503					
19	4,1	1	0,436					
19	4,1	2	0,471	0,468	0,448	0,630	0,386	0,376
19	4,1	3	0,474					
19	3,7	1	0,402					
19	3,7	2	0,492	0,475	0,438	0,689	0,358	0,319
19	3,7	3	0,622					
19	2,9	1	0,443					
19	2,9	2	–	0,508	0,474	0,672	0,402	0,398
19	2,9	3	0,475					
19	1,7	1	0,416					
19	1,7	2	–	0,493	0,529	0,631	0,476	0,387
19	1,7	3	0449					
Пробная площадь № 8								
22	12,9	1	0,434					
22	12,9	2	0,479	0,425	0,451	0,431	0,374	0,214
22	12,9	3	0,495					

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
22	11,6	1	0,423					
22	11,6	2	0,499	0,426	0,477	0,552	0,354	0,250
22	11,6	3	0,515					
22	9,9	1	0,407					
22	9,9	2	0,536	0,425	0,493	0,487	0,376	0,305
22	9,9	3	0,522					
22	9,1	1	0,415					
22	9,1	2	0,489	0,424	0,434	0,528	0,365	0,233
22	9,1	3	0,507					
22	7,7	1	0,452					
22	7,7	2	0,508	0,424	0,484	0,497	0,364	0,290
22	7,7	3	0,539					
22	7,2	1	0,375					
22	7,2	2	0,468	0,424	0,429	0,460	0,263	0,184
22	7,2	3	0,471					
22	7,1	1	0,395					
22	7,1	2	0,479	0,377	0,450	0,514	0,354	0,230
22	7,1	3	0,498					
22	6,8	1	0,412					
22	6,8	2	0,510	0,423	0,482	0,563	0,372	0,290
22	6,8	3	0,541					
22	5,0	1	0,389					
22	5,0	2	0,483	0,421	0,479	0,493	0,359	0,330
22	5,0	3	0,495					
22	2,6	1	0,436					
22	2,6	2	0,433	0,419	0,579	0,580	0,384	0,285
22	2,6	3	0,450					
Пробная площадь № 9								
50	21,7	1	0,511					
50	21,7	2	0,466	0,481	0,588	0,608	0,417	0,337
50	21,7	3	0,499					
50	18,7	1	0,468					
50	18,7	2	–	0,522	0,536	0,639	0,385	0,225
50	18,7	3	0,509					
50	15,7	1	0,537					
50	15,7	2	0,502	0,511	0,539	0,624	0,375	0,278
50	15,7	3	0,511					
50	14,8	1	0,452					
50	14,8	2	0,492	0,523	0,545	0,606	0,368	0,326
50	14,8	3	0,526					
50	14,6	1	0,468					
50	14,6	2	0,523	0,525	0,540	0,636	0,370	0,208

Электронный архив УГЛТУ

Продолжение прил. 9

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
50	14,6	3	0,480					
50	13,3	1	0,497					
50	13,3	2	–	0,557	0,612	0,685	0,393	0,256
50	13,3	3	0,501					
50	12,7	1	0,512					
50	12,7	2	0,493	0,539	0,576	0,602	0,395	0,326
50	12,7	3	0,534					
50	10,8	1	–					
50	10,8	2	0,529	0,540	0,639	0,667	0,395	0,275
50	10,8	3	–					
50	10,1	1	0,595					
50	10,1	2	0,544	0,505	0,573	0,682	0,403	0,318
50	10,1	3	0,540					
50	3,4	1	–					
50	3,4	2	–	0,569	0,583	0,689	0,395	0,385
50	3,4	3	–					
Эдафический ряд для возраста 22 года								
Пробная площадь № 14								
24	13,6	1	–					
24	13,6	2	0,445	0,487	0,379	0,459	0,363	0,255
24	13,6	3	–					
24	11,7	1	–					
24	11,7	2	–	0,487	0,388	0,457	0,364	0,259
24	11,7	3	–					
24	9,2	1	0,414					
24	9,2	2	0,453	0,489	0,418	0,451	0,399	0,215
24	9,2	3	0,469					
24	9,0	2	–	0,487	0,399	0,435	0,377	0,247
24	8,4	2	–	0,490	0,407	0,523	0,383	0,336
24	7,3	1	0,463					
24	7,3	2	0,452	0,491	0,393	0,555	0,358	0,315
24	7,3	3	0,435					
24	6,5	1	0,524					
24	6,5	2	0,431	0,493	0,424	0,538	0,391	0,251
24	6,5	3	0,408					
24	6,3	2	0,424	0,493	0,408	0,465	0,376	0,256
24	5,1	1	0,375					
24	5,1	2	–	0,496	0,426	0,564	0,386	0,285
24	5,1	3	0,428					
24	5,0	1	0,472					
24	5,0	2	–	0,496	0,486	0,578	0,415	0,281
24	5,0	3	0,417					

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
Пробная площадь № 15								
22	17,0	1	0,327					
22	17,0	2	0,444	0,377	0,408	0,469	0,341	0,231
22	17,0	3	0,460					
22	14,1	1	0,390					
22	14,1	2	0,493	0,390	0,357	0,447	0,323	0,169
22	14,1	3	0,473					
22	11,9	1	0,365					
22	11,9	2	0,496	0,389	0,480	0,450	0,373	0,247
22	11,9	3	0,494					
22	11,3	1	0,305					
22	11,3	2	0,475	0,365	0,405	0,467	0,373	0,178
22	11,3	3	0,496					
22	9,9	1	0,489					
22	9,9	2	–	0,388	0,426	0,484	0,364	0,240
22	9,9	3	0,484					
22	9,9	1	0,353					
22	9,9	2	–	0,356	0,382	0,478	0,336	0,252
22	9,9	3	0,389					
22	9,2	1	0,484					
22	9,2	2	0,463	0,387	0,386	0,441	0,334	0,247
22	9,2	3	0,457					
22	6,7	1	0,489					
22	6,7	2	0,502	0,384	0,452	0,488	0,399	0,218
22	6,7	3	0,500					
22	6,5	1	0,498					
22	6,5	2	0,477	0,446	0,402	0,482	0,339	0,267
22	6,5	3	0,494					
Пробная площадь № 16								
20	11,3	1	0,452					
20	11,3	2	0,453	0,487	0,371	0,485	0,361	0,280
20	11,3	3	0,467					
20	10,0	1	0,404					
20	10,0	2	0,394	0,487	0,349	0,399	0,321	0,239
20	10,0	3	0,484					
20	9,7	1	0,404					
20	9,7	2	0,470	0,488	0,447	0,514	0,399	0,244
20	9,7	3	0,480					
20	8,8	1	0,514					
20	8,8	2	0,467	0,490	0,415	0,522	0,381	0,288
20	8,8	3	0,493					
20	8,6	1	0,474					
20	8,6	2	0,518	0,490	0,452	0,528	0,370	0,258

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
20	8,6	3	0,481					
20	8,0	1	0,406					
20	8,0	2	0,496	0,491	0,409	0,524	0,346	0,280
20	8,0	3	0,526					
20	5,8	1	0,506					
20	5,8	2	0,488	0,493	0,409	0,501	0,371	0,252
20	5,8	3	0,532					
20	4,2	1	0,396					
20	4,2	2	0,498	0,495	0,442	0,476	0,392	0,309
20	4,2	3	0,496					
20	4,0	1	0,403					
20	4,0	2	0,503	0,496	0,414	0,517	0,344	0,285
20	4,0	3	0,476					
20	3,2	1	0,394					
20	3,2	2	0,472	0,498	0,457	0,548	0,397	0,287
20	3,2	3	0,484					
Пробная площадь № 17								
21	11,8	1	0,561					
21	11,8	2	0,538	0,487	0,448	0,540	0,382	0,220
21	11,8	3	0,525					
21	10,7	1	0,443					
21	10,7	2	0,574	0,488	0,383	0,489	0,358	0,244
21	10,7	3	0,515					
21	7,8	1	0,453					
21	7,8	2	0,525	0,489	0,405	0,489	0,372	0,255
21	7,8	3	0,531					
21	7,2	1	0,526					
21	7,2	2	0,546	0,511	0,462	0,584	0,378	0,274
21	7,2	3	0,520					
21	6,8	1	0,425					
21	6,8	2	0,514	0,492	0,428	0,557	0,373	0,287
21	6,8	3	0,489					
21	6,0	1	0,459					
21	6,0	2	0,579	0,494	0,434	0,523	0,388	0,308
21	6,0	3	0,545					
21	5,7	1	0,385					
21	5,7	2	0,516	0,494	0,428	0,530	0,352	0,284
21	5,7	3	0,492					
21	3,8	1	0,490					
21	3,8	2	0,575	0,495	0,535	0,542	0,403	0,370
21	3,8	3	0,755					
21	1,0	1	0,495					
21	1,0	2	0,537	0,514	0,601	0,581	0,375	0,382
21	1,0	3	0,566					

Электронный архив УГЛТУ

Окончание прил. 9

Возраст, лет	Диаметр, см	№ секции кроны	Содержание сухого вещества, %				Базисная плотность, т/м³	
			Хвоя	Скелет кроны	Ствол		древесины ствола	коры ствола
					древесина	кора		
Пробная площадь № 18								
21	12,7	2	0,523	0,495	0,471	0,641	0,349	0,303
21	10,9	2	0,512	0,495	0,426	0,581	0,375	0,302
21	8,8	2	0,483	0,497	0,463	0,544	0,414	0,287
21	7,4	2	0,461	0,498	0,466	0,565	0,462	0,289
21	6,6	2	0,518	0,497	0,484	0,651	0,403	0,320
21	5,8	1	0,416	–	–	–	–	–
21	5,8	2	–	0,498	0,469	0,542	0,398	0,279
21	5,8	3	0,493	–	–	–	–	–
21	3,7	2	0,496	0,499	0,498	0,494	0,432	0,254
21	2,3	2	0,528	0,502	0,514	0,676	0,425	0,408
21	0,7	1	0,362	–	–	–	–	–
21	0,7	2	0,453	0,511	0,447	0,512	0,412	0,317
21	0,7	3	0,450					

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 10

Таблица для оценки квалиметрических показателей, полученных путем табулирования уравнений (3.6), в культурах сосны южной тайги, лесостепи и сухой степи

A, лет	*D*, см	Крона*				Ствол			
		Sf			*Sbr*				
		1	2	3		*Sw*	*Sb*	ρ_w	ρ_b
Южная тайга (Суходожский лесхоз)									
10	1	0,378	0,397	0,415	0,408	0,381	0,453	0,343	0,270
	2	0,378	0,397	0,415	0,405	0,376	0,451	0,340	0,267
	4	0,378	0,397	0,415	0,399	0,366	0,447	0,335	0,260
	6	0,378	0,397	0,415	0,393	0,356	0,443	0,330	0,253
	8	0,378	0,397	0,415	0,387	0,346	0,439	0,325	0,246
	10	0,378	0,397	0,415	0,381	0,337	0,434	0,319	0,239
	12	0,378	0,397	0,415	0,375	0,327	0,430	0,314	0,232
20	4	0,392	0,410	0,429	0,413	0,427	0,465	0,351	0,282
	6	0,392	0,410	0,429	0,407	0,417	0,460	0,346	0,275
	8	0,392	0,410	0,429	0,401	0,407	0,456	0,341	0,268
	10	0,392	0,410	0,429	0,395	0,397	0,452	0,336	0,261
	12	0,392	0,410	0,429	0,389	0,388	0,448	0,331	0,255
	14	0,392	0,410	0,429	0,383	0,378	0,444	0,325	0,248
	16	0,392	0,410	0,429	0,377	0,368	0,440	0,320	0,241
30	4	0,405	0,424	0,442	0,428	0,488	0,482	0,368	0,305
	6	0,405	0,424	0,442	0,422	0,478	0,478	0,363	0,298
	8	0,405	0,424	0,442	0,416	0,468	0,474	0,357	0,291
	12	0,405	0,424	0,442	0,404	0,448	0,466	0,347	0,277
	16	0,405	0,424	0,442	0,392	0,429	0,457	0,336	0,263
	20	0,405	0,424	0,442	0,380	0,409	0,449	0,326	0,249
40	4	0,419	0,437	0,456	0,442	0,548	0,500	0,384	0,327
	6	0,419	0,437	0,456	0,436	0,538	0,496	0,379	0,320
	8	0,419	0,437	0,456	0,430	0,529	0,492	0,374	0,314
	12	0,419	0,437	0,456	0,418	0,509	0,483	0,363	0,300
	16	0,419	0,437	0,456	0,406	0,490	0,475	0,353	0,286
	20	0,419	0,437	0,456	0,394	0,470	0,467	0,342	0,272
	24	0,419	0,437	0,456	0,382	0,451	0,458	0,332	0,258
50	6	0,432	0,450	0,469	0,451	0,599	0,514	0,395	0,343
	8	0,432	0,450	0,469	0,445	0,589	0,509	0,390	0,336
	12	0,432	0,450	0,469	0,433	0,570	0,501	0,380	0,322
	16	0,432	0,450	0,469	0,421	0,550	0,493	0,369	0,308
	20	0,432	0,450	0,469	0,409	0,531	0,484	0,359	0,294
	24	0,432	0,450	0,469	0,397	0,511	0,476	0,348	0,280
	28	0,432	0,450	0,469	0,385	0,492	0,468	0,338	0,266
Лесостепь (Саргатский лесхоз)									
10	1	0,521	0,540	0,558	0,558	0,389	0,407	0,373	0,295
	2	0,521	0,540	0,558	0,555	0,384	0,405	0,370	0,291
	4	0,521	0,540	0,558	0,549	0,374	0,401	0,365	0,284
	6	0,521	0,540	0,558	0,543	0,364	0,397	0,360	0,277
	8	0,521	0,540	0,558	0,537	0,354	0,393	0,354	0,270
	10	0,521	0,540	0,558	0,531	0,345	0,388	0,349	0,263
	12	0,521	0,540	0,558	0,525	0,335	0,384	0,344	0,256

Электронный архив УГЛТУ

A, лет	*D*, см	Крона*				Ствол			
		Sf			*Sbr*				
		1	2	3		*Sw*	*Sb*	ρ_w	ρ_b
20	4	0,535	0,553	0,571	0,563	0,435	0,419	0,381	0,307
	6	0,535	0,553	0,571	0,557	0,425	0,414	0,376	0,300
	8	0,535	0,553	0,571	0,551	0,415	0,410	0,371	0,293
	10	0,535	0,553	0,571	0,545	0,405	0,406	0,366	0,286
	12	0,535	0,553	0,571	0,539	0,396	0,402	0,360	0,279
	14	0,535	0,553	0,571	0,533	0,386	0,398	0,355	0,272
	16	0,535	0,553	0,571	0,527	0,376	0,394	0,350	0,265
30	4	0,548	0,566	0,585	0,578	0,496	0,436	0,398	0,329
	6	0,548	0,566	0,585	0,572	0,486	0,432	0,392	0,322
	8	0,548	0,566	0,585	0,566	0,476	0,428	0,387	0,315
	12	0,548	0,566	0,585	0,554	0,456	0,420	0,377	0,301
	16	0,548	0,566	0,585	0,542	0,437	0,411	0,366	0,287
	20	0,548	0,566	0,585	0,530	0,417	0,403	0,356	0,273
40	4	0,561	0,580	0,598	0,592	0,556	0,454	0,414	0,352
	6	0,561	0,580	0,598	0,586	0,546	0,450	0,409	0,345
	8	0,561	0,580	0,598	0,580	0,537	0,446	0,404	0,338
	12	0,561	0,580	0,598	0,568	0,517	0,437	0,393	0,324
	16	0,561	0,580	0,598	0,556	0,498	0,429	0,383	0,310
	20	0,561	0,580	0,598	0,544	0,478	0,421	0,372	0,296
	24	0,561	0,580	0,598	0,532	0,459	0,412	0,362	0,282
50	6	0,575	0,593	0,612	0,600	0,607	0,468	0,425	0,367
	8	0,575	0,593	0,612	0,594	0,597	0,463	0,420	0,360
	12	0,575	0,593	0,612	0,582	0,578	0,455	0,409	0,346
	16	0,575	0,593	0,612	0,570	0,558	0,447	0,399	0,332
	20	0,575	0,593	0,612	0,558	0,539	0,438	0,389	0,318
	24	0,575	0,593	0,612	0,546	0,519	0,430	0,378	0,305
	28	0,575	0,593	0,612	0,534	0,500	0,422	0,368	0,291
Сухая степь (Семиозерный лесхоз)									
10	1	0,437	0,456	0,474	0,472	0,398	0,525	0,369	0,270
	2	0,437	0,456	0,474	0,469	0,393	0,523	0,366	0,267
	4	0,437	0,456	0,474	0,463	0,383	0,519	0,361	0,260
	6	0,437	0,456	0,474	0,457	0,373	0,515	0,356	0,253
	8	0,437	0,456	0,474	0,451	0,363	0,511	0,351	0,246
	10	0,437	0,456	0,474	0,445	0,354	0,507	0,345	0,239
	12	0,437	0,456	0,474	0,439	0,344	0,502	0,340	0,232
20	4	0,451	0,469	0,488	0,478	0,444	0,537	0,377	0,282
	6	0,451	0,469	0,488	0,472	0,434	0,533	0,372	0,275
	8	0,451	0,469	0,488	0,466	0,424	0,528	0,367	0,268
	10	0,451	0,469	0,488	0,460	0,414	0,524	0,362	0,261
	12	0,451	0,469	0,488	0,454	0,405	0,520	0,357	0,254
	14	0,451	0,469	0,488	0,448	0,395	0,516	0,351	0,248
	16	0,451	0,469	0,488	0,442	0,385	0,512	0,346	0,241

Электронный архив УГЛТУ

A, лет	*D*, см	Крона*				Ствол			
		Sf			*Sbr*				
		1	2	3		*Sw*	*Sb*	ρ_w	ρ_b
30	4	0,464	0,483	0,501	0,492	0,504	0,555	0,394	0,305
	6	0,464	0,483	0,501	0,486	0,495	0,550	0,389	0,298
	8	0,464	0,483	0,501	0,480	0,485	0,546	0,383	0,291
	12	0,464	0,483	0,501	0,468	0,465	0,538	0,373	0,277
	16	0,464	0,483	0,501	0,456	0,446	0,530	0,362	0,263
	20	0,464	0,483	0,501	0,444	0,426	0,521	0,352	0,249
40	4	0,478	0,496	0,515	0,507	0,565	0,572	0,410	0,327
	6	0,478	0,496	0,515	0,501	0,555	0,568	0,405	0,320
	8	0,478	0,496	0,515	0,495	0,546	0,564	0,400	0,313
	12	0,478	0,496	0,515	0,483	0,526	0,556	0,389	0,300
	16	0,478	0,496	0,515	0,471	0,507	0,547	0,379	0,286
	20	0,478	0,496	0,515	0,459	0,487	0,539	0,368	0,272
	24	0,478	0,496	0,515	0,446	0,467	0,531	0,358	0,258
50	6	0,491	0,510	0,528	0,515	0,616	0,586	0,421	0,343
	8	0,491	0,510	0,528	0,509	0,606	0,582	0,416	0,336
	12	0,491	0,510	0,528	0,497	0,587	0,573	0,406	0,322
	16	0,491	0,510	0,528	0,485	0,567	0,565	0,395	0,308
	20	0,491	0,510	0,528	0,473	0,548	0,557	0,385	0,294
	24	0,491	0,510	0,528	0,461	0,528	0,548	0,374	0,280
	28	0,491	0,510	0,528	0,449	0,509	0,540	0,364	0,266

* 1, 2, 3 – номера секций крон от вершины к основанию.

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 11

Эскизы таблиц хода роста естественных сосняков сухой степи (Семиозерный лесхоз)

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, экз/га	Запас, $м^3$/га	Надземная фитомасса, т/га			
					стволов в коре	ветвей	хвои	всего
Класс бонитета Iа								
30	15,4	16,6	1913	299	100,9	9,86	11,3	122,1
40	20,8	20,2	1601	442	155,9	11,6	13,0	180,5
50	25,6	24,5	1234	558	204,1	13,1	13,4	230,6
60	29,8	29,4	921	644	243,3	14,5	13,0	270,8
70	33,5	34,9	680	705	273,6	15,9	12,3	301,8
80	36,8	41,0	502	744	296,0	17,1	11,4	324,5
90	39,7	47,8	372	767	311,7	18,3	10,5	340,5
100	42,3	55,2	277	776	321,9	19,4	9,56	350,9
Класс бонитета I								
30	12,3	12,0	3381	248	87,3	7,87	9,3	104,5
40	16,6	14,6	2831	367	135,0	9,25	10,7	155,0
50	20,4	17,7	2181	463	176,7	10,5	11,0	198,2
60	23,8	21,3	1628	535	210,6	11,6	10,7	232,9
70	26,8	25,2	1202	585	236,8	12,7	10,1	259,6
80	29,4	29,7	887	618	256,2	13,6	9,39	279,2
90	31,7	34,6	657	636	269,8	14,6	8,61	293,0
100	33,7	39,9	490	644	278,6	15,5	7,85	302,0
Класс бонитета II								
30	10,0	9,0	5626	210	76,8	6,43	7,78	91,0
40	13,6	10,9	4710	310	118,6	7,56	8,93	135,1
50	16,7	13,3	3630	392	155,3	8,57	9,21	173,1
60	19,4	15,9	2709	453	185,1	9,49	8,98	203,6
70	21,9	18,9	2001	495	208,2	10,3	8,48	227,0
80	24,0	22,2	1476	523	225,2	11,2	7,87	244,3
90	25,9	25,9	1094	539	237,2	11,9	7,22	256,3
100	27,5	29,9	815	545	244,9	12,6	6,58	264,1
Класс бонитета III								
30	8,0	6,4	10109	173	66,2	5,10	6,35	77,6
40	10,7	7,8	8463	256	102,3	5,99	7,29	115,6
50	13,2	9,5	6522	323	133,9	6,79	7,52	148,2
60	15,4	11,4	4868	374	159,6	7,52	7,33	174,4
70	17,3	13,5	3595	409	179,5	8,20	6,92	194,6
80	19,0	15,9	2653	432	194,2	8,84	6,42	209,5
90	20,5	18,5	1965	445	204,5	9,45	5,89	219,8
100	21,8	21,4	1465	450	211,1	10,0	5,37	226,5
Класс бонитета IV								
30	5,8	4,1	22494	133	54,0	3,72	4,82	62,5
40	7,8	5,0	18832	197	83,5	4,37	5,53	93,4
50	9,6	6,0	14512	249	109,3	4,95	5,70	120,0

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, экз/га	Запас, $м^3$/га	Надземная фитомасса, т/га			
					стволов в коре	ветвей	хвои	всего
60	11,2	7,2	10832	288	130,3	5,48	5,56	141,3
70	12,6	8,6	7999	315	146,6	5,98	5,25	157,8
80	13,9	10,1	5903	332	158,6	6,44	4,87	169,9
90	14,9	11,7	4373	342	167,0	6,88	4,47	178,3
100	15,9	13,6	3260	347	172,4	7,30	4,07	183,8
Класс бонитета V								
30	4,1	2,5	53532	100	43,4	2,64	3,57	49,6
40	5,5	3,0	44816	149	67,1	3,10	4,10	74,3
50	6,8	3,7	34536	188	87,8	3,51	4,22	95,5
60	8,0	4,4	25777	217	104,6	3,89	4,11	112,6
70	8,9	5,2	19037	237	117,7	4,24	3,89	125,8
80	9,8	6,1	14047	250	127,3	4,57	3,61	135,5
90	10,6	7,2	10407	258	134,1	4,88	3,31	142,3
100	11,3	8,3	7759	261	138,4	5,18	3,02	146,6
Класс бонитета Va								
30	2,6	1,3	163707	70	32,7	1,69	2,42	36,8
40	3,6	1,6	137051	103	50,5	1,99	2,78	55,3
50	4,4	1,9	105613	130	66,1	2,26	2,87	71,2
60	5,1	2,3	78830	150	78,8	2,50	2,79	84,1
70	5,7	2,8	58216	165	88,7	2,72	2,64	94,1
80	6,3	3,3	42957	174	95,9	2,93	2,45	101,3
90	6,8	3,8	31825	179	101,0	3,14	2,25	106,4
100	7,2	4,4	23727	181	104,3	3,33	2,05	109,7

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 12

Таблица возрастной динамики первичной продукции по надземной фитомассе в культурах сосны разнотравного типа леса южной тайги (Сухоложский лесхоз)

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Площадь сечений, м²/га	Густота, экз/га	Запас, м³/га	Фито-масса хвои, т/га	Первичная продукция, т/га				
							ствола в коре	коры ствола	ветвей	хвои	всего
15	5,59	6,82	15,37	4210	43,4	6,4	1,51	0,25	1,27	2,51	5,29
20	7,93	8,56	22,31	3877	96,0	10,5	2,85	0,36	1,55	3,40	7,80
25	10,4	10,2	29,79	3637	178	11,1	3,43	0,34	1,69	3,51	8,63
30	13,0	11,8	37,73	3452	293	9,3	3,26	0,27	1,74	3,15	8,15
35	15,7	13,3	46,07	3303	449	6,9	2,71	0,19	1,73	2,62	7,06

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 13

Таблицы возрастной динамики первичной продукции культур сосны в лесостепи и сухой степи

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м²/га	Густота, экз/га	Запас, м³/га	Первичная продукция фитомассы, т/га			
						стволов в коре	хвои	ветвей	всего
Лесостепь (Саргатский лесхоз)									
Класс бонитета Ia									
10	5,6	6,2	8,0	2693	30	2,89	2,07	1,26	6,22
15	8,2	9,3	17,2	2541	81	4,44	3,74	1,82	10,00
20	10,7	11,8	26,3	2396	146	5,61	4,76	1,99	12,36
25	13,1	13,9	34,2	2266	217	6,44	5,19	1,93	13,56
30	15,3	15,5	40,5	2151	290	7,02	5,21	1,77	14,00
35	17,5	16,8	45,4	2049	360	7,41	5,00	1,57	13,98
40	19,5	17,9	49,1	1958	425	7,65	4,66	1,37	13,68
45	21,5	18,7	51,6	1877	485	7,79	4,26	1,19	13,24
50	23,5	19,4	53,2	1803	539	7,85	3,86	1,02	12,73
Класс бонитета I									
10	4,4	5,5	5,9	2470	18	1,74	1,63	0,72	4,09
15	6,5	8,3	12,7	2331	48	2,67	2,95	1,04	6,66
20	8,5	10,6	19,3	2198	86	3,36	3,76	1,13	8,25
25	10,4	12,4	25,1	2079	128	3,86	4,10	1,10	9,06
30	12,2	13,9	29,8	1973	171	4,21	4,12	1,01	9,34
35	13,9	15,0	33,4	1880	213	4,44	3,95	0,90	9,29
40	15,5	16,0	36,1	1797	251	4,59	3,68	0,78	9,05
45	17,1	16,8	37,9	1722	287	4,67	3,37	0,68	8,72
50	18,7	17,4	39,1	1654	319	4,71	3,05	0,58	8,34
Класс бонитета II									
10	3,6	5,0	4,5	2287	11	1,10	1,32	0,43	2,85
15	5,3	7,5	9,6	2158	30	1,69	2,39	0,63	4,71
20	6,9	9,6	14,7	2035	54	2,13	3,05	0,68	5,86
25	8,4	11,2	19,1	1924	80	2,45	3,32	0,67	6,44
30	9,9	12,6	22,6	1827	107	2,67	3,34	0,61	6,62
35	11,3	13,6	25,4	1740	133	2,82	3,20	0,54	6,56
40	12,6	14,5	27,4	1663	157	2,91	2,98	0,47	6,36
45	13,9	15,2	28,8	1594	179	2,96	2,73	0,41	6,10
50	15,2	15,7	29,7	1531	199	2,98	2,47	0,35	5,80
Класс бонитета III									
10	2,9	4,5	3,3	2093	6	0,65	1,04	0,24	1,93
15	4,2	6,7	7,0	1975	17	1,00	1,88	0,35	3,23
20	5,5	8,6	10,7	1862	31	1,26	2,39	0,38	4,03
25	6,7	10,0	13,9	1761	47	1,45	2,61	0,37	4,43
30	7,8	11,2	16,5	1672	62	1,58	2,62	0,34	4,54
35	8,9	12,2	18,5	1593	77	1,67	2,51	0,30	4,48
40	10,0	12,9	20,0	1522	91	1,72	2,34	0,27	4,33
45	11,0	13,5	21,0	1458	104	1,75	2,14	0,23	4,12
50	12,0	14,0	21,7	1401	116	1,76	1,94	0,20	3,90

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м²/га	Густота, экз/га	Запас, м³/га	Первичная продукция фитомассы, т/га			
						стволов в коре	хвои	ветвей	всего
Сухая степь (Семиозерный лесхоз)									
Класс бонитета Iа									
10	5,6	6,2	8,0	12561	30	4,48	3,52	2,22	10,22
15	8,2	9,3	17,2	8249	81	3,79	4,48	3,20	11,47
20	10,7	11,8	26,3	6014	146	3,13	4,45	3,50	11,08
25	13,1	13,9	34,2	4660	217	2,59	4,00	3,40	9,99
30	15,3	15,5	40,5	3759	290	2,16	3,44	3,12	8,72
35	17,5	16,8	45,4	3120	360	1,81	2,88	2,77	7,46
40	19,5	17,9	49,1	2646	425	1,54	2,40	2,42	6,36
45	21,5	18,7	51,6	2283	485	1,32	1,98	2,09	5,39
50	23,5	19,4	53,2	1996	539	1,14	1,64	1,80	4,58
Класс бонитета I									
10	4,4	5,5	5,9	11523	18	2,69	2,78	1,26	6,73
15	6,5	8,3	12,7	7567	48	2,27	3,54	1,82	7,63
20	8,5	10,6	19,3	5517	86	1,88	3,52	1,99	7,39
25	10,4	12,4	25,1	4275	128	1,55	3,16	1,94	6,65
30	12,2	13,9	29,8	3448	171	1,29	2,71	1,78	5,78
35	13,9	15,0	33,4	2862	213	1,09	2,28	1,58	4,95
40	15,5	16,0	36,1	2428	251	0,92	1,89	1,38	4,19
45	17,1	16,8	37,9	2094	287	0,79	1,56	1,19	3,54
50	18,7	17,4	39,1	1831	319	0,68	1,29	1,03	3,00
Класс бонитета II									
10	3,6	5,0	4,5	10668	11	1,70	2,25	0,76	4,71
15	5,3	7,5	9,6	7006	30	1,44	2,87	1,10	5,41
20	6,9	9,6	14,7	5108	54	1,19	2,85	1,21	5,25
25	8,4	11,2	19,1	3958	80	0,98	2,56	1,17	4,71
30	9,9	12,6	22,6	3193	107	0,82	2,20	1,07	4,09
35	11,3	13,6	25,4	2650	133	0,69	1,85	0,95	3,49
40	12,6	14,5	27,4	2248	157	0,58	1,53	0,83	2,94
45	13,9	15,2	28,8	1939	179	0,50	1,27	0,72	2,49
50	15,2	15,7	29,7	1695	199	0,43	1,05	0,62	2,10
Класс бонитета III									
10	2,9	4,5	3,3	9762	6	1,01	1,77	0,43	3,21
15	4,2	6,7	7,0	6411	17	0,85	2,25	0,62	3,72
20	5,5	8,6	10,7	4674	31	0,70	2,23	0,68	3,61
25	6,7	10,0	13,9	3622	47	0,58	2,01	0,66	3,25
30	7,8	11,2	16,5	2922	62	0,48	1,73	0,60	2,81
35	8,9	12,2	18,5	2425	77	0,41	1,45	0,54	2,40
40	10,0	12,9	20,0	2057	91	0,35	1,20	0,47	2,02
45	11,0	13,5	21,0	1774	104	0,30	0,99	0,40	1,69
50	12,0	14,0	21,7	1551	116	0,26	0,82	0,35	1,43

Электронный архив УГЛТУ

Окончание прил. 13

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, $м^2$/га	Густота, экз/га	Запас, $м^3$/га	Первичная продукция фитомассы, т/га			
						стволов в коре	хвои	ветвей	всего
Класс бонитета IV									
10	2,1	3,8	2,1	8649	3	0,49	1,27	0,19	1,95
15	3,0	5,8	4,5	5680	8	0,42	1,62	0,28	2,32
20	4,0	7,3	6,9	4141	15	0,34	1,60	0,31	2,25
25	4,8	8,6	9,0	3209	22	0,28	1,44	0,30	2,02
30	5,7	9,6	10,7	2588	30	0,24	1,24	0,27	1,75
35	6,5	10,4	12,0	2148	37	0,20	1,04	0,24	1,48
40	7,2	11,1	13,0	1822	44	0,17	0,86	0,21	1,24
45	8,0	11,6	13,6	1572	50	0,14	0,71	0,18	1,03
50	8,7	12,0	14,1	1374	55	0,12	0,59	0,16	0,87

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 14

Таблица возрастной динамики первичной продукции естественных сосняков сухой степи (Семиозерный лесхоз)

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м²/га	Густота, экз/га	Запас, м³/га	Первичная продукция, т/га			
						стволов в коре	хвои	ветвей	всего
Класс бонитета Ia									
30	15,4	16,6	41,4	1913	299	13,5	1,93	1,02	16,4
40	20,8	20,2	51,5	1601	442	17,2	1,67	0,87	19,7
50	25,6	24,5	58,3	1234	558	18,7	1,49	0,77	21,0
60	29,8	29,4	62,7	921	644	18,7	1,36	0,69	20,7
70	33,5	34,9	65,2	680	705	17,9	1,25	0,63	19,8
80	36,8	41,0	66,4	502	744	16,6	1,17	0,59	18,4
90	39,7	47,8	66,7	372	767	15,1	1,10	0,55	16,7
100	42,3	55,2	66,4	277	776	13,6	1,05	0,52	15,2
Класс бонитета I									
30	12,3	12,0	38,2	3381	248	11,8	1,85	0,90	14,5
40	16,6	14,6	47,6	2831	367	15,0	1,60	0,76	17,4
50	20,4	17,7	53,9	2181	463	16,3	1,43	0,67	18,4
60	23,8	21,3	57,9	1628	535	16,4	1,30	0,61	18,3
70	26,8	25,2	60,2	1202	585	15,6	1,20	0,56	17,4
80	29,4	29,7	61,4	887	618	14,5	1,12	0,51	16,1
90	31,7	34,6	61,6	657	636	13,2	1,06	0,48	14,7
100	33,7	39,9	61,3	490	644	11,9	1,00	0,45	13,4
Класс бонитета II									
30	10,0	9,0	35,6	5626	210	10,5	1,78	0,80	13,1
40	13,6	10,9	44,3	4710	310	13,3	1,54	0,68	15,5
50	16,7	13,3	50,2	3630	392	14,5	1,38	0,60	16,5
60	19,4	15,9	53,9	2709	453	14,5	1,25	0,54	16,3
70	21,9	18,9	56,1	2001	495	13,8	1,16	0,50	15,5
80	24,0	22,2	57,1	1476	523	12,8	1,08	0,46	14,3
90	25,9	25,9	57,4	1094	539	11,7	1,02	0,43	13,2
100	27,5	29,9	57,1	815	545	10,5	0,97	0,40	11,9
Класс бонитета III									
30	8,0	6,4	32,8	10109	173	9,1	1,71	0,70	11,5
40	10,7	7,8	40,8	8463	256	11,6	1,48	0,60	13,7
50	13,2	9,5	46,2	6522	323	12,6	1,32	0,53	14,4
60	15,4	11,4	49,7	4868	374	12,6	1,20	0,47	14,3
70	17,3	13,5	51,7	3595	409	12,1	1,11	0,43	13,6
80	19,0	15,9	52,7	2653	432	11,2	1,04	0,40	12,6
90	20,5	18,5	52,9	1965	445	10,2	0,98	0,38	11,6
100	21,8	21,4	52,6	1465	450	9,2	0,93	0,35	10,5
Класс бонитета IV									
30	5,8	4,1	29,3	22494	133	7,56	1,61	0,59	9,8
40	7,8	5,0	36,5	18832	197	9,62	1,39	0,50	11,5

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м²/га	Густота, экз/га	Запас, м³/га	Первичная продукция, т/га			
						стволов в коре	хвои	ветвей	всего
50	9,6	6,0	41,4	14512	249	10,5	1,24	0,44	12,2
60	11,2	7,2	44,4	10832	288	10,5	1,13	0,40	12,0
70	12,6	8,6	46,2	7999	315	9,99	1,05	0,36	11,4
80	13,9	10,1	47,1	5903	332	9,26	0,98	0,34	10,6
90	14,9	11,7	47,3	4373	342	8,44	0,92	0,31	9,7
100	15,9	13,6	47,1	3260	347	7,60	0,87	0,30	8,8
Класс бонитета V									
30	4,1	2,5	26,0	53532	100	6,16	1,51	0,48	8,2
40	5,5	3,0	32,4	44816	149	7,84	1,31	0,41	9,6
50	6,8	3,7	36,6	34536	188	8,52	1,17	0,36	10,1
60	8,0	4,4	39,4	25777	217	8,52	1,06	0,33	9,9
70	8,9	5,2	40,9	19037	237	8,14	0,98	0,30	9,4
80	9,8	6,1	41,7	14047	250	7,55	0,92	0,28	8,8
90	10,6	7,2	41,9	10407	258	6,88	0,87	0,26	8,0
100	11,3	8,3	41,7	7759	261	6,20	0,82	0,24	7,3
Класс бонитета Va									
30	2,6	1,3	22,2	163707	70	4,73	1,39	0,38	6,5
40	3,6	1,6	27,7	137051	103	6,02	1,21	0,32	7,5
50	4,4	1,9	31,3	105613	130	6,54	1,08	0,28	7,9
60	5,1	2,3	33,7	78830	150	6,55	0,98	0,25	7,8
70	5,7	2,8	35,0	58216	165	6,25	0,91	0,23	7,4
80	6,3	3,3	35,7	42957	174	5,80	0,85	0,21	6,9
90	6,8	3,8	35,9	31825	179	5,28	0,80	0,20	6,3
100	7,2	4,4	35,7	23727	181	4,76	0,76	0,19	5,7

Дополнение к опубликованной ранее (Усольцев, 2001) базе данных о запасах фитомассы в абсолютно сухом состоянии в насаждениях Северной Евразии[1]

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
									1. *LARIX*							
									Larix decidua							
									(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ							
									Широколиственные леса							
Sindani, Lejoly, 1990			Юг Франции: Альпийская горная провинция.											1700 м над ур. м.		Около 44° с.ш., 07° в.д.
1	Естест.	I	10Л	35	1,179	17,43	12–15	124*	57,6	8,7	29,2	4,51	1,6	92,9	–	–
									Larix sukaczewii							
									(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ							
									Средняя тайга							
Коротаев, 1991			Ленинградская область: Токсово, Охта													60°05′ с.ш., 30°40′ в.д.
2	Культуры	Ia	10Л	33	2,750	15,3	16,5	383	–	–	–	–	–	–	69,3	–
3	То же	II	10Л	37	1,774	14,6	12,1	165	–	–	–	–	–	–	32,3	–
									Хвойно-широколиственные леса							
Салмина, 1973			Московская область: Пушкино													56° с.ш., 38° в.д.
4	Культуры	Iб	10Л	27	1,808	12,2	15,0	156	74,6	–	15,9	3,6	–	94,1	13,1	107,2
5	То же	Ia	10Л	25	1,910	12,0	12,0	134	81,9	–	19,6	6,1	–	107,6	14,7	122,3
6	–"–	Ia	7Л3Е	25	3,563	12,0	12,0	153	79,2	–	19,7	9,5	–	108,4	14,3	122,7
7	–"–	II	3Л7Б	23	1,632	7,0	9,0	39	19,4	–	8,3	4,0	–	31,7	7,9	39,6
8	–"–	II	9Л1Лп	20	2,258	9,0	7,0	38	22,7	–	9,8	4,7	–	37,2	5,6	42,8

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
(С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ																
Хвойно-широколиственные леса																
Карасева, 2003			Марийская республика: Йошкар-Ола													56°40′ с.ш., 48°10′ в.д.
9	Культуры, C_2	Iб	10Л	10	5,000	5,4	5,0	26,9	15,9	–	7,5	8,5	–	31,9	8,0	39,9
10	То же, C_2	Iа	10Л	14	6,000	7,8	7,1	74,1	37,2	–	19,9	15,0	11,0	83,1	26,4	109,5
11	–"–	I	10Л	14	6,000	5,7	6,2	69,6	34,8	–	16,8	12,6	3,5	67,7	21,6	89,3
12	–"–	Iа	10Л	25	1,000	16,0	14,0	141	73,4	–	19,2	6,1	–	98,7	19,7	118,4
13	–"–	Iа	5Л5С	25	2,400	14,0	12,0	209	115,8	–	9,4	5,0	–	130,2	27,3	157,5
14	–"–	II	10Л	38	3,000	13,0	12,0	245	135,1	–	14,0	6,6	–	155,7	24,3	180,0
15	–"–	Iб	10Л	38	1,550	18,0	16,0	265	146,8	–	15,2	7,2	–	169,2	26,4	195,6
16	Культуры, D_2	Iа	10Л	38	0,700	20,3	24,0	252	125,9	–	12,5	5,3	–	143,7	25,1	168,8
17	То же	Iа	10Л	38	1,650	18,0	16,0	355	155,0	–	16,0	6,8	–	177,8	27,9	205,7
18	Культуры, B_2	II	10Л	40	1,000	20,0	17,0	351	152,2	–	15,5	7,5	–	175,2	28,9	204,1
19	Культуры, св. сурам.	Iб	10Л	40	0,900	23,0	21,0	392	173,1	–	19,0	12,0	–	204,1	–	–
20	То же	II	10Л	40	2,700	10,0	12,8	152	72,9	–	4,0	1,7	–	78,6	–	–
21	–"–	I	10Л	40	3,000	13,2	17,3	243	114,5	–	6,3	4,8	–	125,6	–	–
22	–"–	I	10Л	40	3,100	13,5	17,0	337	155,6	–	6,5	5,8	–	167,9	–	–
23	–"–	Iа	10Л	40	1,300	18,5	19,7	325	157,5	–	9,2	7,6	–	174,3	–	–
24	–"–	Iа	10Л	40	1,600	18,2	18,5	336	159,7	–	10,2	8,6	–	178,5	–	–
Карасева, 2003			Марийская республика: Мари-Турек													56°50′ с.ш., 49°50′ в.д.
25	Культуры, B_2	Iб	4Л4С2Е	75	0,523	28,0	26,0	328	177,1	–	16,5	9,7	–	203,3	–	–
26	То же	Iа	6Л3С1Е	75	0,547	28,0	28,0	449	242,6	–	25,7	11,4	–	279,7	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Larix gmelinii

(F) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесотундра

Плешиков и др., 2002			Красноярский край: низовья р. Хантайки										68° с.ш., 92° в.д			
27	Кус.-злм.[2]	Va	6Л4Е	300	0,434	23,0	14,0	55,3	24,9	3,8	3,5	1,4	11,7	41,5	20,0	61,5
28	То же	V	4Л5Е1Б	300	1,137	18,8	12,3	90,4	44,7	7,7	6,6	3,2	9,3	63,8	35,8	99,6
29	Мш.-блт.	Va	4Л6Е	300	0,667	13,8	9,7	34,2	14,7	3,2	1,8	1,1	11,8	29,4	11,8	41,2

Северная тайга

Плешиков и др., 2002			Красноярский край: низовья р. Нижней Тунгуски										65°30′ с.ш., 90° в.д			
30	Кус.-злм.	V	8Л2К	380	0,401	21,7	14,7	69,3	33,2	3,9	5,2	1,2	28,4	68,0	26,6	94,6
31	То же	V	6Л2К2Б	110	1,473	12,7	12,3	118,1	58,5	8,1	10,9	2,9	16,1	88,4	46,9	135,3
32	Кус.-лиш.	Va	8Л1К1Б	110	0,749	10,6	9,1	30,6	15,0	3,0	2,7	0,7	23,3	41,7	12,0	53,7
33	То же	Va	7Л3К	380	0,322	20,4	12,8	60,2	27,9	3,8	4,9	1,8	28,7	63,3	22,4	85,7

Средняя тайга

Kajimoto et al., 2003			Эвенкия: Тура								200 м над ур. м.			64°19′ с.ш., 100°13′ в.д		
34	Баг.-брс.-лиш.	V*в*	10Л	98	5,700	2,3	2,7	8,4*	4,63	–	0,88	0,28	–	5,79	6,95	12,74

Larix cajanderi

(G) ВОСТОЧНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Северная тайга

Щепащенко и др., 2001			Северо-Восток Якутии: устье р. Джанкы при впадении в Яну										67° с.ш., 133° в.д			
35	Брс.-злм.	Va	10Л	125	2,400	10,4	10,6	72*	39,9	7,73	5,73	1,47	–	47,1	–	–
36	То же	Vб	10Л	127	2,293	6,1	6,2	31*	17,2	3,46	2,16	0,59	–	20,0	–	–
37	–"–	Vв	10Л	92	0,235	5,7	5,4	5,9*	3,23	0,68	0,26	0,08	–	3,57	–	–
38	–"–	Vв	10Л	113	1,300	7,2	5,6	23*	12,5	2,50	1,58	0,42	–	14,5	–	–
39	Брс.	Vв	10Л	124	1,790	9,8	10,0	53*	29,0	5,68	3,84	0,99	–	33,8	–	–
40	Брс.-злм.	Vв	10Л	115	0,679	7,5	6,2	12,3*	6,76	1,35	0,95	0,26	–	7,97	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
								Larix gmelinii								
								(Н) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК								
								Южная тайга								
Wang et al., 2001			Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян, Тахэ								520 м над ур. м.			52°44′ с.ш., 123°50′ в.д.		
41	Ledum.	Va	10Л	90	0,293	8,3	10,0	6,1*	3,2	–	0,40	0,22	4,20	8,02	1,40	9,42
42	То же	IV	10Л ед.Б	90	0,386	17,9	19,0	68,4*	31,8	–	4,20	0,11	5,10	41,2	10,2	51,4
43	–"–	III	10Л	110	0,702	14,6	21,0	109,6*	43,2	–	5,80	1,33	5,55	55,9	12,6	68,5
44	Grass.	III	10Л ед.Б	90	0,489	18,4	21,0	118,3*	46,6	–	6,20	1,33	2,44	56,6	14,0	70,6
45	То же	III	8Л1Б1Ос	110	0,920	13,9	24,0	127,9*	50,4	–	7,60	1,55	–	59,5	14,2	73,7
46	Rhododendr.	III	10Л ед.Б,С	90	0,486	18,0	20,0	112,7*	44,4	–	6,00	1,33	6,44	58,2	13,2	71,4
47	То же	Va	10Л ед.Б	110	1,340	15,9	12,0	259,0*	136,0	–	19,4	2,90	30,0	188,3	31,8	220,1
Cheng, Li, 1989			Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян								800 м над ур. м.			50°40′ с.ш., 121°50′ в.д.		
48	–	IV	10Л	26	9,300	4,74	5,9	86,2	15,01	3,84	3,15	1,23	11,7	31,1	7,67	38,8
49	–	I	10Л	26	1,328	10,3	9,9	65,3	26,58	5,06	2,82	1,61	39,7	70,7	8,37	79,1
50	–	I	10Л	26	2,083	10,2	11,2	99,5	59,19	9,31	4,55	1,96	2,3	68,0	13,3	81,3
51	–	IV	10Л	55	2,500	8,7	9,6	79,9	35,07	4,78	4,52	1,98	11,3	52,9	11,2	64,1
52	–	I	10Л	55	0,545	20,4	18,6	140	63,83	8,87	6,31	2,14	38,8	111,1	19,4	130,5
53	–	I	10Л	56	0,975	18,8	20,8	152	95,00	12,99	12,31	5,08	5,2	117,6	41,9	159,5
54	–	V	10Л	75	3,700	7,2	8,9	89,2	40,16	5,74	4,69	2,36	13,5	60,7	13,8	74,5
55	–	IV	10Л	94	0,522	16,9	14,9	89,2	52,11	5,79	5,05	1,95	52,8	111,9	9,70	121,6
56	–	II	10Л	105	0,739	22,4	21,3	248	110,8	10,72	15,50	4,88	8,0	139,2	37,1	176,3
57	–	V	10Л	120	1,368	12,9	12,7	94,2	59,45	8,71	3,03	1,44	20,2	84,1	20,2	104,3
58	–	III	10Л	140	0,350	24,6	21,2	141	70,30	8,59	17,44	3,65	66,8	158,2	11,6	169,8
59	–	III	10Л	131	0,433	28,6	24,2	285	136,2	11,51	10,90	2,68	17,2	167,0	34,2	201,2
60	–	V	10Л	161	1,035	15,7	15,3	116	89,16	10,09	3,72	1,32	20,7	114,9	24,4	139,3
61	–	III	10Л	180	0,213	32,5	24,7	164	104,5	7,67	23,76	5,19	32,9	166,4	24,3	190,7

Электронный архив УГЛТУ

Xu et al., 1988			Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян								650 м над ур. м.			52°30′ с.ш., 124°30′ в.д.			
62	Led.-vac.	III	10Л	100	0,400	20,0	21,0	103,6	42,7	–	5,33	1,88	–	49,9	4,68	54,6	
Shi, Matsuura, 2001; Shi et al., 2002			Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян								46°26′–53°34′ с.ш., 119°30′–127° в.д.						
63	Grass.	–	10Л	28	2,050*	–	–	92,6*	59,6	6,22	3,00	1,83	–	64,4	23,2*	87,6	
64	То же	–	10Л	58	2,300*	–	–	251*	131,9	14,16	11,50	3,76	–	147,1	53,0*	200,1	
65	–"–	–	10Л	136	1,000*	–	–	263*	138,6	11,54	12,52	2,90	–	154,0	55,4*	209,4	
66	Rhododendr.	–	10Л	32	2,050*	–	–	93,1*	59,9	5,97	2,66	1,78	–	64,3	23,1*	87,4	
67	То же	–	10Л	63	2,300*	–	–	218*	114,8	12,49	8,85	3,40	–	127,0	45,7*	172,7	
68	–"–	–	10Л	142	1,000*	–	–	267*	140,7	15,26	16,52	3,84	–	161,0	58,0*	219,0	
69	Ledum.	–	10Л	34	2,050*	–	–	108,8*	70,0	7,29	3,27	2,17	–	75,4	27,1*	102,5	
70	То же	–	10Л	60	2,300*	–	–	151*	79,5	7,97	4,71	2,25	–	86,4	31,1*	117,5	
71	–"–	–	10Л	152	1,000*	–	–	245*	129,1	9,79	9,04	2,54	–	140,7	50,7*	191,4	
72	Moss.	–	10Л	34	2,050*	–	–	76,1*	49,0	3,93	2,62	1,08	–	52,7	19,0*	71,7	
73	То же	–	10Л	60	2,300*	–	–	215*	113,8	12,08	8,51	3,30	–	125,6	45,2*	170,8	
74	–"–	–	10Л	171	1,000*	–	–	195*	103,3	10,88	9,29	2,86	–	115,4	41,5*	156,9	
Jiang et al., 1999a			Китай: Малый Хинган, пров. Хэйлунцзян								47°13′–48°35′ с.ш., 127°25′–128°27′ в.д.						
75	–		Л	–	0,460	22,3	–	307	–	–	–	–	–	–	–	257,4	
Ni et al., 2001			Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян								500–900 м над ур. м.			51–53° с.ш., 121–126° в.д.			
76	–		Л	114	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	247,4	
77	–		Л	111	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	89,25	
78	–		Л	75	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	96,28	
79	–		Л	108	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	143,1	
80	–		Л	158	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	252,0	
81	–		Л	104	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	196,4	
82	–		Л	53	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	125,0	
83	–		Л	85	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	137,9	
84	–		Л	177	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	247,2	
85	–		Л	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	56,10	
86	–		Л	55	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100,6	
87	–		Л	171	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	142,0	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
88	–		Л	59	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	76,01
89	–		Л	136	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	171,3
90	–		Л	136	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	130,0
91	–		Л	37	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	113,6
92	–		Л	39	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66,86
93	–		Л	39	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	105,6
94	–		Л	36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	68,16
95	–		Л	43	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	81,08
96	–		Л	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	97,76
97	–		Л	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	118,3
98	–		Л	59	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	124,7
99	–		Л	31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	96,36
100	–		Л	53	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	116,2
							Лесостепь									
Liu et al., 1990			Сев.-Вост. Китай, пров. Хэйлунцзян										350 м над ур. м.		45°27′ с.ш., 127°57′ в.д.	
101	Plantation	Iб	10Л	21	1,450	13,4	13,5	139	97,7	12,5	11,0	3,32	1,89	113,9	31,2	145,1
Ding et al., 1990			Сев.-Вост. Китай, пров. Хэйлунцзян: Маоершан										320 м над ур. м.		45°23′ с.ш., 127°32′ в.д.	
102	Plantation	Iб	10Л	24	1,158	17,1	16,4	173,6	111,7	9,14	18,2	4,66	8,42	143,0	36,6	179,6
103	То же	Iб	10Л	24	1,300	15,8	15,2	168,9	108,4	8,87	17,5	3,63	5,53	135,0	35,2	170,2
104	–"–	Iб	10Л	24	1,358	14,8	14,6	152,9	89,6	7,33	12,9	3,12	0,95	106,6	27,7	134,3
105	–"–	Iб	10Л	24	1,475	13,1	14,1	119,0	93,8	7,67	8,66	2,76	0,11	105,0	29,1	134,1
Li et al., 1981			Сев.-Вост. Китай, пров. Гирин										900 м над ур. м.		42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.	
106	Lonicer.	II	10Л	160	0,360	37,6	30,0	439	206,7	–	14,2	5,06	1,91	227,9	23,2	251,1

Электронный архив УГЛТУ

Larix principis-rupprechtii

Степь

Zhang, Shangguan, 1992			Китай, пров. Шэньси								2060 м над ур. м.			37°54′ с.ш., 111°18′ в.д.			
107	Rosa	I	10Л	50	2,066	24,6	18,9	252,6	138,7	–	20,1	3,30	2,18	164,3	36,3	200,6
Chen et al., 1991			Китай, пров. Шаньси								1830 м над ур. м.			37°30′ с.ш., 111°16′ в.д.			
108	Rosa	Ia	10Л	42	1,429	17,6	20,0	255	167,7	–	14,8	3,80	13,9	200,2	33,6	233,8
											1720 м над ур. м.			37°50′ с.ш., 111°30′ в.д.			
109	То же	Iб	10Л	22	2,178	12,9	13,5	142	64,0	–	11,6	4,92	5,11	85,6	16,3	101,9
											2000 м над ур. м.			37°50′ с.ш., 111°30′ в.д.			
110	–"–	Ia	10Л	36	1,630	16,1	19,8	284	143,9	–	11,7	3,74	0,51	159,8	24,7	184,5
											2260 м над ур. м.			37°50′ с.ш., 111°30′ в.д.			
111	–"–	I	10Л	35	2,670	14,7	15,8	227	144,6	–	14,25	4,10	2,07	165,0	28,7	193,7
Zhu et al., 1993			Китай, пров. Цинхай								2810 м над ур. м.			37°10′ с.ш., 100°39′ в.д.			
112	Natural	–	10Л	16	1,550	11,3	–	44,2	15,7	3,23	10,0	1,01	26,9	53,6	9,58	63,2

Larix olgensis

Степь

Zhang, 1992			Китай, пров. Хэбэй								1200 м над ур. м.			41°12′ с.ш., 117°40′ в.д.			
113	Plantation	–	10Л	16	–	–	–	53,5	27,7	–	9,74	4,83	–	42,3	–	–

Larix sibirica

(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Южная тайга

Ni, 2004			Китайский Алтай, Синьцзян-Уйгурский район								1855 м над ур. м.			47–48° с.ш., 86–89° в.д.			
114	–		Л, Е	156	–	–	–	394*	186,3	–	25,4	8,3	–	220,0	71,5	291,5

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
	(О) ПАМИРО-ТАНЬШАНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ															
Ni, 2004			Китайский Тянь-Шань, Синьцзян-Уйгурский район											2107 м над ур. м.		43–44° с.ш., 81–93° в.д.
115	–		Л, Е	121	–	–	–	438*	206,9	–	36,4	20,6	–	263,9	69,9	333,8
	2. *PICEA*															
	Picea abies															
	(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ															
	Хвойно-широколиственные леса															
Zheng et al., 2002			Норвегия, южная часть: Нордмоен											200 м над ур. м.		60°16′ с.ш., 11°06′ в.д.
116	Arenozol	IV	10Е	35	2,400	9,2	8,0	69,3*	32,6	4,9*	15,3	13,8	–	61,7	23,4	85,1
	Широколиственные леса															
Pretzsch et al., 1998			Германия, Бавария: Фрайзинг											490 м над ур. м.		48°15′ с.ш., 11°40′ в.д.
117	–	I	7Е3Бк	47	0,910	23,6	23,7	469,0	215,1	13,8	23,6	8,24	–	246,9	32,5	279,4
Grote, 2002			Германия, Бавария: Фрайзинг											490 м над ур. м.		48°15′ с.ш., 11°40′ в.д.
118	Культуры	Ia	7Е3Бк	49	0,834	28,4	25,1	573,0	224,8*	–	47,3	14,3	–	286,4	–	–
Mund et al., 2002			Германия, северо-восток Баварии											680–800 м над ур. м.		50°08′ с.ш., 11°52′ в.д.
119	Podzol., gleysol	I	10Е	16	7,250	7,0	6,5	83,4	36,0	5,88	11,7	13,8	–	61,5	10,3	71,8
120	То же	III	10Е	35	4,625	9,0	8,0	115,3	54,2	8,16	18,8	20,8	–	93,8	17,8	111,6
121	–"–	Ia	10Е	43	1,018	24,0	18,3	338,5	130,2	14,7	26,9	27,2	–	184,3	56,4	240,7
122	–"–	I	10Е	72	0,486	33,0	25,2	465,3	171,2	15,1	28,6	17,7	–	217,5	74,4	291,9
123	–"–	I	10Е	112	0,462	33,0	28,3	605,3	225,0	15,9	31,6	19,5	–	276,1	81,4	357,5
124	–"–	II	10Е	142	0,363	37,0	27,1	525,9	192,2	14,2	30,5	18,6	–	241,3	76,2	317,5

Электронный архив УГЛТУ

Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000						Чехия: Салакова Лота					557 м над ур. м.			49°31′ с.ш., 14°59′ в.д.			
125	Deschampsia	Ia	10E	90	0,568	33,4	31,9	713,0	217,2	17,7*	41,3	23,9	–	282,4	65,0	347,4	
						Чехия: Нацетин					775 м над ур. м.			50° 35′ с.ш., 13°15′ в.д.			
126	Sorbusiusum	I	10E	58	0,616	28,5	20,7	384,0	117,0	6,90	23,4	13,3	–	153,7	62,0	215,7	
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000						Дания: Скогаби					95–115 м над ур. м.			56°33′ с.ш., 13°13′ в.д			
127	Pleuroz.	Ia	10E	31	2,285	14,5	15,0	204,8	85,5	0,85	13,5	14,0	–	113,0	32,6	145,6	
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza et al., 2000						Дания: Клостерхед					27 м над ур. м.			56°29′ с.ш., 8°24′ в.д.			
128	–	II	10E	76	0,735	22,9	20,0	417*	153,0	15,9*	26,1	15,0	–	194,1	47,5	241,6	
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza et al., 2000						Германия: Вальдштейн					700 м над ур. м.			50°12′ с.ш., 11°53′ в.д.			
129	Deschampsia	II	10E	142	0,363	36,5	26,7	526,0	193,2	14,4	30,2	16,6	–	240,0	76,5	316,5	
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000						Франция: Обэр					1050 м над ур. м.			48°12′ с.ш., 7°11′ в.д.			
130	Deschampsia	I	10E	92	0,568	40,7	27,9	614,0	234,1	19,1	19,5	9,2	–	262,8	44,5	307,3	
Masci et al., 1998; Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza et al., 2000						Италия, Монте ди Меццо: Васто					980 м над ур. м.			41°45′ с.ш., 14°53′ в.д.			
131	Hedera	Ia	10E	38	1,197	20,3	20,9	345,4	131,3	13,6	17,2	16,8	–	165,3	57,7	223,0	
(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																	
Хвойно–широколиственные леса																	
Бумблаускис, 1996						Литва: Мариямпольский район, заповедник Жувинтас								54°30′ с.ш., 23°10′ в.д.			
132	Чер.	IV	6E2Ол2Б	60	–	18,0	16,0	200	104,4	–	7,69	2,15	1,97*	116,2	28,9	145,1	
Янушене, 1975						Литва: Вильнюсский район								55°00′ с.ш., 25°20′ в.д.			
133	Кис.	–	10E	50	–	–	–	384*	173,9	–	19,9	22,3	1,0	217,1	79,5	296,6	
Бабич и др., 2004						Московская область: Дмитров								56°30′ с.ш., 37°30′ в.д.			
134	Кис.	Ia	10E	27	1,723	14,7	15,3	217	63,8	5,4	17,7	22,5	–	104,0	19,1	123,1	
135	Кис.	I	10E	27	3,260	10,9	12,4	201	73,0	6,4	11,2	15,9	–	100,1	17,9	118,0	
136	Кис.	II	10E	27	4,682	8,6	10,6	164	60,6	5,9	9,3	19,4	–	89,3	14,9	104,2	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
Жилкин и др., 1971			Смоленская область: Ярцево												55° с.ш., 32°20′ в.д.	
137	Чер. (культ.)	IV	10E	10	7,419	–	1,14	2,1*	0,78	–	0,90	1,29	0,39	3,36	4,99	8,35
138	То же	IV	10E	10	7,743	0,5	1,30	3,2*	1,08	–	1,18	1,91	3,04	7,21	14,0	21,2
139	Дуб.-сн. (культ.)	IV	10E	8	4,227	–	0,71	0,4*	0,13	–	0,11	0,22	0,99	1,45	2,86	4,31
140	То же	IV	10E	8	4,282	–	0,95	0,7*	0,25	–	0,16	0,28	3,96	4,65	8,35	13,0
	Широколиственные леса															
Сидорович, Бусько, 1982; Бусько, 1986			Белоруссия: вблизи Минска, Осиповичи												53–54° с.ш., 28° в.д.	
141	Мш.	I	10E	48	0,890	18,7	19,2	256	117,3	–	13,2	14,8	1,2	145,8	32,0	178,5
142	То же	I	9E1C	45	2,335	16,4	18,0	241	–	–	–	–	–	–	–	151,5
Чернявский, 1975, 1977			Украинские Карпаты: Надворная												890–1210 м над ур. м. 48°45′ с.ш., 20°30′ в.д.	
143	Вл. сурамень	–	5E3П2Бк	53–214	0,360	42,7	33,1	735	315,3	–	82,7	30,2	2,90	431,1	110,0	541,1
144	То же	–	5E2П3Бк	70–210	0,420	41,6	33,2	638	349,2	–	86,3	30,7	4,09	470,3	83,9	554,2
	(С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ															
	Средняя тайга															
Чибисов, 1992			Архангельская область												61–62° с.ш., 40–50° в.д.	
145	Кис.	–	10E	30	10,960	–	–	66*	25,9	4,00	7,37	7,13	–	40,4	–	–
146	То же	–	10E	40	4,330	–	–	103*	40,5	5,38	11,7	10,2	–	62,4	–	–
147	–"–	–	10E	50	2,243	–	–	140*	54,8	6,57	16,2	13,1	–	84,1	–	–
148	–"–	–	10E	60	1,463	–	–	173*	67,8	7,57	20,0	15,5	–	103	–	–
149	–"–	–	10E	70	1,009	–	–	206*	80,8	7,50	24,0	17,9	–	123	–	–
150	–"–	–	10E	80	0,745	–	–	237*	93,1	9,34	27,8	20,1	–	157	–	–
151	–"–	–	10E	100	0,492	–	–	288*	113,0	10,6	33,9	23,6	–	171	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

152	Трв.	–	10Е	30	13,083	–	–	–	61*	24,0	3,80	6,73	6,67	–	37,4	–	–							
153	То же	–	10Е	40	5,018	–	–	–	96*	37,5	5,12	10,9	9,64	–	58,0	–	–							
154	”–	–	10Е	50	2,615	–	–	–	131*	51,2	6,28	15,0	12,4	–	78,6	–	–							
155	”–	–	10Е	60	1,632	–	–	–	161*	63,3	7,23	18,6	14,7	–	96,6	–	–							
156	”–	–	10Е	70	1,171	–	–	–	191*	74,8	8,08	22,3	16,9	–	114	–	–							
157	”–	–	10Е	80	0,869	–	–	–	221*	86,5	8,99	25,7	19,0	–	131	–	–							
158	”–	–	10Е	90	0,692	–	–	–	245*	96,0	9,53	28,8	20,7	–	146	–	–							
159	”–	–	10Е	100	0,577	–	–	–	268*	105,0	10,1	31,4	22,2	–	159	–	–							
160	Свеж. чер.	–	10Е	30	15,909	–	–	–	56*	22,1	3,60	6,11	6,19	–	34,4	–	–							
161	То же	–	10Е	40	6,226	–	–	–	88*	34,4	4,83	9,81	8,89	–	53,1	–	–							
162	”–	–	10Е	50	3,244	–	–	–	117*	45,9	5,85	13,5	11,4	–	70,8	–	–							
163	”–	–	10Е	60	2,124	–	–	–	145*	56,9	6,74	16,7	13,4	–	87,0	–	–							
164	”–	–	10Е	70	1,463	–	–	–	173*	67,8	7,57	20,0	15,5	–	103	–	–							
165	”–	–	10Е	80	1,080	–	–	–	199*	78,1	8,31	23,2	17,4	–	119	–	–							
166	”–	–	10Е	90	0,882	–	–	–	222*	87,0	8,93	25,9	19,0	–	132	–	–							
167	”–	–	10Е	100	0,715	–	–	–	242*	94,9	9,45	28,3	20,5	–	144	–	–							
168	Влаж. чер.	–	10Е	30	17,720	–	–	–	52*	20,3	3,40	5,79	5,91	–	32,0	–	–							
169	То же	–	10Е	40	7,267	–	–	–	82*	32,0	4,60	9,12	8,38	–	49,5	–	–							
170	”–	–	10Е	50	3,775	–	–	–	111*	43,4	5,63	12,5	10,8	–	66,7	–	–							
171	”–	–	10Е	60	2,418	–	–	–	135*	53,0	6,43	15,6	12,8	–	81,4	–	–							
172	”–	–	10Е	70	1,692	–	–	–	161*	63,3	7,23	18,6	14,7	–	96,6	–	–							
173	”–	–	10Е	80	1,235	–	–	–	186*	73,1	7,95	21,7	16,6	–	111	–	–							
174	”–	–	10Е	90	0,988	–	–	–	206*	81,0	7,04	24,2	18,0	–	123	–	–							
175	”–	–	10Е	100	0,824	–	–	–	226*	88,7	9,04	26,5	19,3	–	135	–	–							
176	Свеж. чер.	–	10Е	55	1,000	–	–	–	103*	40,4	–	19,6	12,4	–	72,4	15,5	87,9							
177	То же	–	10Е	55	2,000	–	–	–	108*	42,2	–	15,2	11,8	–	69,2	17,0	86,2							
178	”–	–	10Е	55	3,000	–	–	–	110*	43,0	–	14,6	11,9	–	69,5	16,8	86,3							
179	”–	–	10Е	55	4,000	–	–	–	110*	43,3	–	14,7	12,1	–	70,1	15,5	85,6							
180	”–	–	10Е	55	5,000	–	–	–	111*	43,5	–	14,6	12,4	–	70,5	13,9	84,4							
181	”–	–	10Е	55	6,000	–	–	–	111*	43,7	–	15,2	12,7	–	71,6	12,3	83,9							
Бобкова, 2001																								
Коми, Княжпогостский район: Ляльский стационар 62°17′ с.ш., 50°40′ в.д.																								
182	Чер.	IV	4Е3С2Ос1Б	95	1,849	15,5	16,5	293	121,8	11,24	19,15	12,72	1,52	155,2	38,4	193,6								
183	То же	IV	8Е1П1Б	115	0,966	23,5	19,0	314	133,6	13,07	18,88	15,56	1,84	169,9	38,4	208,3								

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
Бобкова, Тужилкина, 2006б	Коми: Чернамский стационар														62°00′ с.ш., 50°20′ в.д.	
184	Чер. св.	–	8Е2Б	80–200	1,737	17,6	16,0	277	114,5	11,8	22,5	13,9	2,81	153,7	40,1	193,8
185	Чер. вл.	–	7Е2Б1С	70–210	1,465	16,5	14,5	266	106,4	13,0	18,7	13,9	3,58	142,6	39,2	181,8
									Южная тайга							
Соколов, Петров, 2004	Удмуртия: Глазов, Красногорское, Игра, Селты, Ягшур-Бодья														57–58°17′ с.ш., 52–54° в.д.	
186	Кис.	I	7Е2П1Б	17	3,426	4,8	4,1	22	9,0	–	1,83	1,85	–	12,7	–	–
187	То же	I	10Е	22	1,684	11,1	11,2	114	46,5	–	7,50	5,50	–	59,5	–	–
188	Чер.	I	9Е1Б	30	1,389	11,0	10,0	119	48,6	–	9,49	6,97	–	65,1	–	–
189	Кис.	I	10Е	30	2,619	10,2	13,8	195	79,6	–	9,90	7,51	–	97,0	–	–
190	То же	I	5Е3П1Б1Ос	34	0,750	19,2	17,7	190	77,5	–	10,1	6,03	–	93,6	–	–
191	–"–	I	8Е1П1Б	36	1,033	15,5	15,1	146	59,6	–	8,55	5,50	–	73,7	–	–
192	Чер.	I	8Е1П1С	51	0,509	20,8	16,2	137	55,9	–	9,38	5,45	–	70,7	–	–
193	То же	I	10Е	52	0,578	19,4	15,8	142	57,9	–	9,38	5,59	–	72,9	–	–
194	Кис.	I	5Е4П1Б	55	0,490	23,2	22,8	312	127,3	–	15,4	8,49	–	151,2	–	–
195	Чер.	I	8Е2П	55	0,335	26,6	18,2	163	66,5	–	9,49	5,01	–	81,0	–	–
196	Кис.	I	7Е3П	55	0,980	18,8	21,0	273	111,4	–	10,9	6,57	–	128,9	–	–
197	То же	I	8Е2П	60	0,509	24,2	20,5	230	93,8	–	11,8	6,44	–	112,0	–	–
198	–"–	I	7Е2П1С	68	0,461	25,9	22,2	255	104,0	–	8,97	4,78	–	117,8	–	–
199	–"–	I	8Е1П1Б	72	0,442	26,5	22,3	255	104,0	–	12,4	6,53	–	122,9	–	–
200	–"–	I	7Е2П1Б	75	0,580	25,4	24,2	332	135,5	–	12,1	6,48	–	154,1	–	–
201	Чер.	III	5Е3П2Ос	75	0,500	21,4	17,2	150	61,2	–	9,96	5,68	–	76,8	–	–
202	То же	II	5Е4П1Б	78	0,417	27,3	22,2	255	104,0	–	11,9	6,21	–	122,1	–	–
203	–"–	II	9Е1Б	81	0,760	22,2	24,3	332	135,5	–	17,0	9,61	–	162,1	–	–
204	–"–	II	9Е1П	95	0,411	31,0	26,2	385	157,1	–	12,8	6,39	–	176,3	–	–
205	–"–	III	10Е	100	0,715	22,6	23,1	350	142,8	–	12,3	6,88	–	162,0	–	–
206	–"–	II	5Е4П1Б	102	0,349	30,7	24,3	290	118,3	–	13,1	6,48	–	137,9	–	–

Электронный архив УГЛТУ

207	–"–	III	7Е2Б1С	111	0,377	29,1	23,2	273	111,4	–	12,2	6,26	–	129,9	–	–
208	–"–	III	9Е1Б	121	0,270	31,4	22,0	218	88,9	–	12,9	6,35	–	108,2	–	–

Хвойно-широколиственные леса

Соколов, Петров, 2004 Удмуртия: Можга, Грахово. 56–57°17′ с.ш., 52–54° в.д.

209	Кис.	I	7Е2Лп1Вз	71	0,427	31,0	27,8	412	168,1	–	14,1	6,97	–	189,2	–	–
210	Чер.	III	5Е3Б2Ос	72	0,884	18,9	17,8	190	77,5	–	13,6	8,13	–	99,2	–	–
211	То же	II	5Е3Б2Ос	85	0,667	23,4	22,9	312	127,3	–	15,2	8,45	–	151,0	–	–
212	–"–	II	5Е3Б2Ос	94	0,564	26,1	24,9	354	144,4	–	22,4	11,8	–	178,6	–	–
213	–"–	II	7Е2Лп1П	96	0,287	34,3	25,2	309	126,1	–	13,6	6,48	–	146,2	–	–
214	–"–	III	5Е3П2Лп	101	0,286	30,7	22,5	226	92,2	–	13,3	6,62	–	112,1	–	–

Picea obovata

(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Северная тайга

Усольцев и др., 2004а Северный Урал: Западный склон Конжаковского Камня 960 м над ур. м. 60° с.ш., 59° в.д.

215	Подгольц.	Va	10Е	30	1,867	2,62	1,62	3,1	1,40	0,12	0,98	0,69	–	3,07	1,29	4,36
											924 м над ур. м.		59°30′ с.ш., 59° в.д.			
216	То же	Va	9Е1П	80	1,442	6,32	3,13	22,2	9,95	0,49	2,56	1,53	–	14,05	4,80	18,8
											864 м над ур. м.		59°30′ с.ш., 59° в.д.			
217	Горно-лесн.	Va	6Е2П2Б	100	1,492	12,8	5,88	73,5	34,2	2,07	17,5	6,38	–	58,1	15,5	73,6

Бобкова, 2006 а, б Коми: Печора, Зеленый бор 64°30′ с.ш., 55°30′ в.д.

218	Чер.	Va	6Е3Л1Б	120	1,882	12,0	11,5	213	73,2	10,7	14,0	10,4	12,0	109,6	28,8	128,8
219	То же	Va	5Е3Л1Б1Ос	120	2,083	12,5	12,0	223	101,8	14,1	19,1	11,7	13,2	145,8	35,3	181,1

Южная тайга

Усольцев и др., 2002б Свердловская область: Билимбай 57° с.ш., 59°35′ в.д.

220	Культуры	II	10Е	20	2,525	6,52	6,2	30,3	11,8	1,12	5,06	7,23	–	24,1	5,80	29,9
221	То же	II	10Е	20	3,771	6,87	6,4	43,7	17,0	1,52	6,74	10,86	–	34,6	19,6	54,2

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета	Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
								стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
								всего	коры						
222	–"– III	10E	21	2,395	5,85	5,6	21,8	8,49	0,85	2,95	4,12	–	15,6	3,56	19,1
223	–"– IV	10E	19	2,731	3,67	3,2	9,17	3,57	0,89	3,34	5,17	–	12,1	3,11	15,2
224	–"– IV	10E	19	2,386	3,75	3,0	7,53	2,93	0,71	2,94	3,95	–	9,82	2,66	12,5
225	–"– IV	10E	20	2,697	4,17	3,4	10,5	4,10	0,93	2,55	3,54	–	10,2	4,06	14,3
226	–"– III,5	10E	20	2,320	4,25	4,2	9,46	3,68	0,64	1,70	3,49	–	8,87	1,86	10,7
227	–"– III,5	10E	20	1,829	4,50	4,4	9,56	3,72	0,66	2,28	3,08	–	9,08	2,33	11,4
228	–"– III,5	10E	21	2,941	5,73	4,4	25,2	9,79	1,66	5,17	8,45	–	23,4	6,43	29,8
Усольцев и др., 2004б		Свердловская область: Билимбай											57° с.ш., 59°35′ в.д.		
229	Культуры IV	10E	20	3,884	5,2	4,45	25,7	7,87	1,00	4,61	6,65	–	19,1	5,85	25,0
230	То же IV	10E	20	2,248	4,0	4,05	6,2	3,01	0,34	1,57	1,98	–	6,55	1,17	7,72
231	–"– IV	10E	20	4,351	5,0	4,3	23,3	10,23	1,40	8,88	13,14	–	32,2	6,79	39,0
232	–"– IV	10E	20	3,277	3,9	3,55	10,2	3,23	0,51	1,92	2,63	–	7,78	1,57	9,35
233	–"– IV	10E	19	4,266	4,5	3,70	19,1	9,83	1,54	7,91	9,49	–	27,2	5,65	32,8
234	–"– IV	10E	19	3,776	4,0	4,05	14,3	5,24	0,60	2,80	5,32	–	13,3	2,70	16,0
235	–"– IV	10E	20	4,885	5,1	4,1	29,2	14,66	1,76	9,58	11,81	–	36,0	6,17	42,2
236	–"– IV	10E	20	2,082	3,7	3,5	15,7	3,88	0,54	3,09	4,57	–	11,5	1,84	13,3
237	–"– IV	10E	19	4,786	4,5	4,0	16,2	10,67	2,48	5,93	11,36	–	28,0	5,74	33,7
238	–"– IV	10E	19	3,044	4,4	3,9	12,4	5,32	0,67	3,33	5,47	–	14,1	2,46	16,6
239	–"– IV	10E	20	2,915	5,2	4,4	18,5	9,58	0,99	4,90	6,65	–	21,1	2,93	24,0
240	–"– III	10E	20	2,667	4,7	4,8	19,5	5,21	0,63	3,47	4,32	–	13,0	2,59	15,6
241	–"– IV	10E	20	2,253	3,2	3,0	3,3	0,96	0,13	0,87	0,96	–	2,79	0,48	3,27
242	–"– IV	10E	20	2,662	4,5	4,04	11,4	4,96	0,64	3,63	5,00	–	13,6	3,48	17,1
243	–"– V	10E	20	2,378	2,9	2,2	2,1	0,74	0,10	0,41	0,67	–	1,82	0,39	2,21
244	–"– IV	10E	20	2,060	3,6	3,5	3,6	1,51	0,19	1,19	1,42	–	4,12	1,01	5,13
245	–"– V	10E	20	2,149	2,5	2,5	1,2	0,74	0,12	0,67	0,71	–	2,12	0,44	2,56

Электронный архив УГЛТУ

Терехов, Усольцев, 2005			Свердловская область: Билимбай										57° с.ш., 59°35′ в.д.				
246	Культуры	–	10E	9	2,395	0,53**	0,43	0,068	0,020	–	0,0062	0,017	–	0,043	0,020	0,063
247	То же	–	10E	9	1,927	0,86**	0,50	0,127	0,038	–	0,0071	0,036	–	0,081	0,029	0,110
248	–"–	–	10E	8	2,665	0,46**	0,45	0,123	0,037	–	0,0077	0,042	–	0,087	0,033	0,120
249	–"–	–	10E	9	3,375	0,84**	0,67	0,233	0,070	–	0,0132	0,065	–	0,148	0,050	0,198
250	–"–	–	10E	9	2,426	1,02**	0,68	0,185	0,056	–	0,0100	0,057	–	0,123	0,042	0,165
251	–"–	–	10E	8	5,836	0,68**	0,57	0,410	0,123	–	0,0216	0,124	–	0,269	0,098	0,367
252	–"–	–	10E	9	3,618	1,01**	0,69	0,280	0,084	–	0,0166	0,085	–	0,186	0,067	0,253
253	–"–	–	10E	9	3,082	1,19**	0,70	0,290	0,087	–	0,0206	0,092	–	0,200	0,071	0,271
254	–"–	–	10E	9	2,456	1,00**	0,59	0,154	0,046	–	0,0071	0,047	–	0,100	0,045	0,145
255	–"–	–	10E	9	2,081	1,02**	0,64	0,136	0,041	–	0,0071	0,042	–	0,090	0,039	0,129
(F) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																	
Лесотундра																	
Плешиков и др., 2002			Красноярский край: низовья р. Хантайки										68° с.ш., 92° в.д.				
256	Кус.-злм.	V	4E6Л	270	0,434	23,0	14,0	55,3	24,9	3,8	3,5	1,4	11,7	41,5	20,0	61,5
257	То же	V	5E 4Л1Б	270	1,137	18,8	12,3	90,4	44,7	7,7	6,6	3,2	9,3	63,8	35,8	99,6
258	Мш.-блт.	V	6E 4Л	270	0,667	13,8	9,7	34,2	14,7	3,2	1,8	1,1	11,8	29,4	11,8	41,2
(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК																	
Picea koraiensis																	
Степь																	
Chen B., Chen C., 1980			Китай: пров. Хэбэй										1300 м над ур. м. 43°31′ с.ш., 117°13′ в.д.				
259	Artemis.	Va	10E	90	0,765	17,2	11,0	91,4	45,1	–	16,9	7,83	12,1	81,9	27,4	109,3
Picea ajanensis																	
Лесостепь																	
Li et al., 1981			Сев.-Вост. Китай, пров. Гирин										1400 м над ур. м. 42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.				
260	Ряб.	–	9E1П	150	1,304	29,0	–	512	171,7	–	33,0	17,2	20,8	242,7	44,2	286,9

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	A, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
	(О) ПАМИРО-ТЯНЬШАНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ *Picea schrenkiana*															
Zhang, 1980; Wang, Zhao, 2000			Китайский Тяньшань										2200 м над ур. м.		43°02′ с.ш., 87°08′ в.д.	
261	Сн.	IV	10E	108	1,530	17,2	16,5	263,0	162,6	18,06	23,27	18,81	–	204,7	44,0*	248,7
262	То же	IV	10E	108	0,940	19,4	17,8	206,5	123,6	13,98	20,49	14,33	–	158,4	34,1*	192,5
263	–"–	V	10E	108	1,350	16,6	15,4	207,8	126,9	14,43	18,47	15,10	–	160,5	34,5*	195,0
264	–"–	IV	10E	108	1,065	19,0	17,6	236,2	145,9	15,97	23,75	16,54	–	186,2	40,0*	226,2
Wang, Zhao, 2000			Китайский Тяньшань, Синьцзян-Уйгурский район										1500–3600 м над ур. м.		43–44° с.ш., 81–93° в.д.	
265	Natural	–	10E	148	–	–	–	–	–	–	–	17,2	–	203,6	43,8	247,4
266	То же	–	10E	125	–	–	–	–	–	–	–	31,6	–	365,4	78,6	444,0
267	–"–	–	10E	140	–	–	–	–	–	–	–	23,5	–	257,2	55,3	312,5
268	–"–	–	10E	127	–	–	–	–	–	–	–	11,6	–	136,8	29,4	166,2
269	–"–	–	10E	133	–	–	–	–	–	–	–	12,3	–	137,8	29,6	167,4
270	–"	–	10E	128	–	–	–	–	–	–	–	10,5	–	123,7	26,6	150,3
271	–"–	–	10E	123	–	–	–	–	–	–	–	12,5	–	161,6	34,7	196,3
272	–"–	–	10E	104	–	–	–	–	–	–	–	12,4	–	134,8	29,0	163,8
273	–"–	–	10E	128	–	–	–	–	–	–	–	14,4	–	171,2	36,8	208,0
274	–"–	–	10E	101	–	–	–	–	–	–	–	13,7	–	148,6	32,0	180,6
275	–"–	–	10E	90	–	–	–	–	–	–	–	8,38	–	82,1	17,7	99,8
276	–"–	–	10E	121	–	–	–	–	–	–	–	8,69	–	98,3	21,2	119,5
277	–"–	–	10E	86	–	–	–	–	–	–	–	7,63	–	79,4	17,0	96,4
278	–"–	–	10E	116	–	–	–	–	–	–	–	16,3	–	169,9	36,5	206,4
279	–"–	–	10E	88	–	–	–	–	–	–	–	11,2	–	109,1	23,5	132,6
280	–"–	–	10E	94	–	–	–	–	–	–	–	10,8	–	114,5	24,6	139,1

Электронный архив УГЛТУ

281	–"–		10E	83	–	–	–	–	–	–	–	15,9	–	154,6	32,7	187,3
282	–"–		10E	75	–	–	–	–	–	–	–	11,4	–	111,0	23,9	134,9
283	–"–		10E	116	–	–	–	–	–	–	–	10,2	–	113,7	24,4	138,1
284	–"—		10E	97	–	–	–	–	–	–	–	15,4	–	170,0	36,5	206,5
285	–"—		10E	84	–	–	–	–	–	–	–	9,57	–	95,4	20,5	115,9

3. *ABIES*

Abies sibirica

(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Южная тайга

Степанов, 1975; Степанов, Дубовенко, 1970 Кемеровская область: низкогорья Салаирского кряжа 54° с.ш., 86° в.д.

286	Кис.-мш.	II	8П1С1Б	60	1,190*	17,0	17,0	260	89,2	–	16,4*	13,9*	–	119,5	19,2	138,7

4а. *PINUS, natural forests*

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Широколиственные леса

Pinus sylvestris

Ovington, 1957 Англия: Брэндон 50 м над ур. м. 52°30′ с.ш., 01°53′ в.д.

287	–	IV	10C	11	58,010	1,4	2,25	37,0	17,4	–	9,28	13,3	–	39,98	11,0	50,98
288	–	III	10C	14	27,750	3,1	4,32	52,5	24,7	–	5,00	4,44	–	34,14	15,3	49,44

Sindani, Lejoly, 1990 Юг Франции: Альпийская горная провинция 1650 м над ур. м. Около 44° с.ш., 07° в.д.

289	Естест.	III	10C	30–50	1,425	18,7	10–12	103*	60,5	7,8	48,1	16,2	0,4	125,2	–	–

Pinus pinea

Cabanettes, Rapp, 1978 Франция: Монпелье 50 м над ур. м. 43°40′ с.ш., 04°15′ в.д.

290	–	II	10C	35	0,800	23,2	10,4	307*	144,1			12,7	–	156,8	22,0	178,8

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
			Pinus pinaster													
Baldini et al., 1989			Италия, Тоскана: Сиена, Монтициано						515 м над ур. м.			43°10′ с.ш., 11°25′ в.д.				
291	–	III	10C	22	22,576	5,1	5,57	178	78,3	25,1	5,19	6,77	–	90,3	–	–
292	–	III	10C	22	20,009	5,3	5,83	181	71,0	22,7	5,12	6,68	–	82,8	–	–
293	–	IV	10C	22	28,256	4,1	4,81	128	61,5	19,7	3,70	4,10	–	69,3	–	–
Bert, Danjon, 2006			Франция, Гасконь: Бордо (Bordeaux)						38 м над ур. м.			44°29′43″ с.ш., 0°57′09″ з.д.				
294	–	I	10C	50	0,223	37,9	20,0	228	88,1	13,9	15,0	4,24	–	107,3	28,8	136,1
			Pinus sylvestris													
			(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ													
			Средняя тайга													
Persson et al., 2000			Швеция: Охеден						175 м над ур. м.			64°13′ с.ш., 19°30′ в.д.				
295	–	V	7C3E	180	0,918	21,6	18,0	298	116,4	8,42	29,3	9,1	–	154,8	43,5	198,3
Paavilainen, 1980			Финляндия: Вилпула, Йааккоинсо						5–50 м над ур. м.			62°04′ с.ш., 24°34′ в.д.				
296	Болото осуш.	–	10C	100*	0,688	17,5	–	116	55,1	3,3	10,4	4,1	–	69,6	27,8	97,4
297	То же	–	10C	100*	0,800	14,4	–	79	39,3	2,6	7,4	3,5	–	50,2	22,6	72,8
298	–"–	–	10C	100*	0,784	16,2	–	115	53,6	3,3	9,8	4,1	–	67,5	27,9	95,4
299	–"–	–	10C	100*	0,592	17,2	–	99	44,0	3,0	8,1	4,0	–	56,1	25,3	81,4
300	–"–	–	10C	100*	0,757	15,3	–	92	44,2	3,1	8,6	4,5	–	57,3	25,5	82,8
301	–"–	–	10C	100*	0,784	15,2	–	95	44,5	3,1	7,9	4,3	–	56,7	27,6	84,3
Laiho, Laine, 1997			Финляндия: южная часть											61°35′–61°52′ с.ш., 24°05′– 24°25′ в.д.		
302	Болото	–	10C	100*	0,444	–	–	6	2,82	0,43	0,49	0,11	–	3,42	–	–
303	То же	–	10C	100*	1,567	–	–	35	13,7	2,35	2,96	1,13	–	17,8	–	–

Электронный архив УГЛТУ

304	Болото осуш.	–	10С	100*	0,554	–	–	10	3,94	0,67	1,51	1,57	–	7,02	–	–
305	То же	–	7С3Б	100*	4,750	–	–	76	33,3	4,80	7,70	3,60	–	44,6	–	–
306	–"–	–	8С2Б	100*	1,782	–	–	102	42,2	4,80	7,80	3,58	–	53,6	–	–
307	–"–	–	9С1Б	100*	2,786	–	–	150	60,3	5,80	8,20	4,70	–	73,2	–	–
Vanninen et al., 1996			Финляндия: Куоревеси, Вилпула, Руотцинкула						50–140 м над ур. м.			60°15′– 62° с.ш., 23–25° в.д.				
308	Myrtillus	II	10С	12	2,522	5,7	5,0	6,8*	4,14	1,01	2,17	2,02	–	8,33	3,48	11,8
309	Calluna	I	10С	20	1,640	9,1	9,0	24*	11,8	2,46	3,83	2,00	–	17,6	3,76	21,4
310	То же	III	10С	35	1,465	11,7	10,0	50*	24,8	3,48	4,48	3,36	–	32,6	6,21	38,8
311	Myrtillus	I	10С	40	0,830	20,6	17,0	173*	86,5	11,6	21,9	6,71	–	115,1	20,6	135,7
312	Calluna	III	10С	45	1,309	14,6	13,0	99*	49,5	9,50	11,1	5,79	–	66,4	11,1	77,5
313	То же	II	10С	75	0,635	22,6	20,0	255*	99,6	12,0	11,3	4,45	–	115,3	26,2	141,5
314	Myrtillus	II	10С	80	0,410	28,6	22,0	262*	102,1	13,6	9,5	2,88	–	114,5	27,6	142,1
315	То же	I	10С	150	1,670	35,8	32,0	489*	190,8	19,2	18,9	2,82	–	212,5	38,2	250,7
316	Calluna	II	10С	175	0,342	36,8	26,0	200*	77,9	7,41	11,3	2,38	–	91,6	18,2	109,8
Helmisaari et al., 2002			Финляндия, восточная часть: Мекриярви						145 м. над ур. м.			62°47′ с.ш., 30°58′ в.д.				
317	Vaccin.	I	10С	15	7,425	1,6	2,0	7,9	4,79	1,01	4,27	1,31	–	10,43	3,79	14,22
318	То же	I	10С	35	2,660	7,7	6,8	57,7	28,73	3,41	7,44	4,62	–	40,79	11,24	52,03
319	–"–	I	10С	100	0,432	27,3	20,1	258,1	100,92	6,01	12,87	5,83	–	119,6	18,45	138,1
Wang et al., 2004			Финляндия, восточная часть: Мекриярви						145 м. над ур. м.			62°47′ с.ш., 30°58′ в.д.				
320	Lichen	III	10С	50	1,175	11,2	11,8	151,6*	67,3	–	7,18	1,46*	–	75,94	6,05	82,0
Kolari et al., 2004			Финляндия, южная часть: около Хяменлинна						160–180 м. над ур. м.			61°51′ с.ш., 24°17′ в.д.				
321	Vaccin.	III	10С	12	5,800	1,2	1,7	3,6*	2,2	–	1,8	1,0	2,0	7,0	0,4	7,4
322	То же	III	10С	40	2,300	12,3	12,2	180*	89,8	–	8,8	4,6	2,4	105,6	14,8	120,4
323	–"–	III	10С	75	0,770	26,0	20,0	299*	116,6	–	13,4	4,0	2,4	136,4	19,2	155,6
Медведева, 1978; Медведева и др., 1977; Медведева, Егорова, 1977									Карелия: Пряжа.			61°30′ с.ш., 33° в.д.				
324	Оск.-сфг.	Va	8С2Б	117	1,426	15,4	12,4	143	78,6	13,3	5,8	3,3	12,9	100,6	20,8	121,4
325	Трс.-сфг.	Vб	10С	140	0,629	17,1	9,8	66*	36,2	10,1	4,1	3,7	10,6	54,6	11,3	65,9
326	Длм.-сфг.	V	8С1Б1Ос	130	0,663	19,9	16,3	194	103,6	12,6	4,4	3,3	6,13	117,4	26,4	143,8

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
327	Баг.-сфг.	Va	10С	140	0,525	19,3	11,8	54	29,4	4,7	3,1	1,9	18,2	52,6	8,6	61,2
328	Кус.-сфг.	Vб	10С	117	0,416	8,3	5,1	8	3,87	0,98	0,92	0,69	12,7	18,2	1,30	19,5
329	Трв.-сфг.	V	8С2Е	118	1,329	15,8	17,0	250	113,6	8,9	10,9	8,3	6,1	138,9	33,4	172,3
330	То же	V	9С1Б	118	1,940	12,9	16,3	309	144,9	9,0	12,9	8,8	7,1	173,7	41,4	215,1
331	–"–	V	9С1Б	119	–	–	–	369*	172,5	12,7	16,1	8,6	3,8	201,0	46,4	247,4
332	Кус.-сфг.	V	7С2Б1Е	117	1,622	13,4	14,8	154	72,0	9,0	9,5	5,7	8,2	95,4	26,0	121,4
333	–"–	V	7С3Б	75	1,413	12,6	15,0	144	73,1	6,5	10,2	5,0	8,6	96,9	20,8	117,7
Коротаев, 1991			Ленинградская область: Токсово, Охта											60°05′ с.ш., 30°40′ в.д.		
334	Культуры	I	10С	33	2,750	13,1	14,5	247	–	–	–	–	–	–	35,2	–
335	То же	II	10С	37	2,578	14,6	13,2	260	–	–	–	–	–	–	39,8	–
			Южная тайга													
Бабиков, Субота, 2003			Ленинградская область: Тосно											59°40′ с.ш., 31° в.д.		
336	Олиготр. торф.	III	10С	120	–	–	24,5	100*	39,0	–	16,7	6,3	–	62,0	–	–
337	То же	II	10С	50	–	–	16,0	113*	56,4	–	27,3	11,2	–	94,9	–	–
338	Мезотр. торф.	II	10С	115	–	–	27,0	283*	110,8	–	52,9	17,9	–	181,6	–	–
339	То же	I	10С	70	–	–	23,5	253*	113,7	–	20,9	7,0	–	141,6	–	–
340	–"–	I	10С	30	–	–	12,5	177*	88,4	–	28,3	11,6	–	128,3	–	–
			Хвойно-широколиственные леса													
Кассесалу, 1972			Эстония											59° с.ш., 26° в.д.		
341	Лиш.	V	10С	40	2,887	7,0	6,2	33*	21,45	–	7,19	2,96	–	31,6	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Бумблаускис, 1996			Литва: Мариямполе, заповедник Жувинтас										54°30′ с.ш., 23°10′ в.д.				
342	Баг.-мш.	Va	10C	30	–	4,0	3,0	6,0	2,40	–	0,27	0,12	12,0*	14,8	0,57	15,4
343	Оск.	Va	10C	30	–	4,0	3,0	6,0	2,69	–	0,19	0,13	11,2	14,2	0,59	14,8
344	Сфг.	Va	10C	50	–	8,0	5,0	30	19,3	–	2,37	1,67	20,1	43,4	5,33	38,8
345	Баг.	Va	10C	50	–	8,0	5,0	40	21,0	–	1,62	1,61	19,5	43,7	5,42	49,2
346	То же	Va	10C	70	–	8,0	4,0	16	10,0	–	1,39	0,77	12,0	24,2	3,03	27,2
347	Сфг.	Va	10C	30	–	2,0	2,0	4,0	1,80	–	0,21	0,07	14,5	16,6	0,51	17,1
348	Баг.	Va	10C	40	–	6,0	4,0	30	8,70	–	0,97	0,58	14,6	24,8	1,73	26,6
349	То же	V	10C	60	–	10,0	8,0	100	37,4	–	4,49	2,08	15,3	59,3	10,6	69,9
Бумблаускис, 1996			Литва: Устянский район, стационар Давила										Около 56° с.ш., 24° в.д.				
350	Чер.	II–III	10C	60	–	28,0	21,0	388	194,4	19,2	40,0	10,0	–	244,4	71,1	315,5
Янушене, 1975			Литва: Тракайский район										54°40′ с.ш., 25°00′ в.д.				
351	Брс.-чер.	–	10C	(50)	–	–	–	512*	231,7	–	20,3	7,08	3,5	262,6	39,4	302,0
			Широколиственные леса														
Цыкунов, 1972а, б; Цыкунов и др., 1984, 1986			Белоруссия, Минская область: Негорелое.										53°40′ с.ш., 27°00′ в.д.				
352	Брс.	II	10C	18	8,380	4,9	5,7	60	–	–	–	–	–	–	–	40,5
353	Орл.-чер.	Ia	10C	39	1,757	15,0	17,2	291	119,8	10,8	10,0	6,01	2,14	138,0	26,4	164,4
354	Брс.	II	10C	39	4,413	9,2	12,4	220	93,3	9,4	10,9	4,69	3,47	112,4	25,1	137,5
355	То же	II	10C	53	2,162	13,1	15,7	251	–	–	–	–	3,17	–	27,9	–
356	–"–	II	10C	76	0,749	22,6	22,3	375	162,0				2,43	164,4	30,6	195,0
Сидорович, Бусько, 1982; Бусько, 1986			Белоруссия: Осиповичи										53–54° с.ш., 28°00′ в.д.				
357	Мш.	II	10C	50	0,930	18,1	19,1	234	–	–	–	–	–	–	–	134,2
358	То же	II	10C	50	1,270	16,7	18,2	250	–	–	–	–	–	–	–	166,2
Старцев, 2005			Нижегородская область: Богородск, Сосновское, Мухтолово										56°–57°30′ с.ш., 44°30′–45°30′ в.д.				
359	Чер.	Ia	9C1Oc	43	1,112	19,7	20,2	372	128,3	6,10	12,7	4,9	–	145,9	–	–
360	Брс.	II	10C	43	2,920	11,5	14,2	244	83,3	6,60	13,8	5,9	–	103,0	–	–
361	Лип.	Iб	10C	44	1,015	21,6	23,4	409	142,4	8,85	9,20	5,4	–	157,0	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
362	Брс.	Ia	7С3Б	46	1,189	17,1	20,0	265	112,8	6,11	17,8	4,0	–	130,6	–	–
363	То же	Ia	7С3Б	46	1,222	17,2	20,0	278	107,2	5,26	21,2	4,9	–	144,3	–	–
364	–"–	I	10С	50	1,115	14,9	18,9	181	62,0	3,37	5,90	4,0	–	72,0	–	–
365	–"–	Ia	10С	51	1,185	18,3	20,0	312	110,1	5,53	10,3	6,3	–	126,7	–	–
366	Чер.	Ia	9С1Б	51	0,743	22,1	21,7	287	106,6	4,25	11,7	4,3	–	122,6	–	–
367	Брс.	I	10С	52	0,713	20,6	20,3	226	76,8	3,31	5,30	3,3	–	85,4	–	–
368	То же	Ia	10С	57	0,838	24,4	26,9	499	205,0	9,03	32,0	6,5	–	243,5	–	–
369	–"–	I	10С	64	0,940	23,7	22,9	452	157,4	8,50	16,6	5,2	–	179,2	–	–
370	–"–	I	9С1Б	65	0,846	22,5	22,2	355	130,8	6,58	9,50	3,4	–	143,7	–	–
371	–"–	II	10С	72	1,220	18,8	21,0	364	126,9	6,90	12,5	4,9	–	144,3	–	–
372	–"–	II	10С	72	0,871	22,1	21,3	309	108,0	5,40	12,7	4,8	–	125,5	–	–
373	Чер.	I	10С	80	0,424	33,9	27,1	461	161,6	7,77	8,40	2,4	–	172,4	–	–
374	То же	I	9С1Б	80	0,395	32,8	27,0	395	149,0	7,49	15,2	2,1	–	166,3	–	–
375	–"–	I	9С1Е	80	0,425	31,9	26,1	418	147,7	7,14	15,1	4,9	–	167,7	–	–
376	Брс.	II	10С	80	0,884	18,4	21,0	208	72,7	3,80	7,60	3,3	–	83,6	–	–
377	То же	II	10С	88	0,710	23,5	22,5	328	114,7	5,50	6,10	1,9	–	122,7	–	–
378	–"–	III	10С	103	0,362	26,0	23,0	209	72,7	3,80	5,20	2,7	–	80,6	–	–
	(С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ															
	Средняя тайга															
Бабич и др., 2004			Архангельская область: Няндома										62°10′ с.ш., 40°10′ в.д.			
379	Чер.	III	8С2Б	55	1,788	11,1	12,3	112	51,3	4,3	5,50	5,97	–	62,8	–	–
Чибисов и др., 1978, 1980			Архангельская область										61–62° с.ш., 40–42° в.д.			
380	Чер.-брс.	–	10С	15	10,000	–	–	38*	12,8	2,80	3,20	4,30	–	20,3	–	–
381	То же	–	10С	15	1,400	–	–	18*	5,9	0,80	2,70	3,00	–	11,6	–	–

Электронный архив УГЛТУ

382	–"–	–	10С	15	0,400	–	–	7*	2,2	0,40	1,40	1,50	–	5,10	–	–
383	–"–	–	10С	33	5,600	–	–	143	43,9	4,76	4,06	4,21	–	52,2	7,67	59,9
384	–"–	–	10С	33	1,400	–	–	108	41,1	4,22	8,89	6,27	–	56,3	12,1	68,4
385	–"–	–	10С	33	1,000	–	–	80	30,0	3,04	10,55	6,92	–	47,5	–	–
386	–"–	–	10С	33	0,740	–	–	89	29,4	2,94	11,05	6,61	–	47,1	6,60	53,7
387	–"–	–	10С	56	1,900	–	–	346	112,2	8,10	9,40	4,30	–	125,9	–	–
388	–"–	–	10С	56	1,300	–	–	325	123,9	9,70	10,3	4,60	–	138,8	–	–
389	–"–	–	10С	56	1,090	–	–	307	129,6	9,60	14,5	5,50	–	149,6	–	–
390	–"–	–	10С	56	0,710	–	–	263	99,0	7,60	11,6	5,10	–	115,7	–	–
Серый, Листов, 1984			Коми: Ляльский стационар										62°17′ с.ш., 50°40′ в.д.			
391	Лиш.	IV	10С	35	2,400	8,0	7,7	58,5	29,0	–	5,19	3,46	–	37,65	–	–
392	То же	III	10С	35	2,200	9,0	9,0	72,0	32,0	–	8,29	5,02	–	45,31	–	–
393	–"–	IV	10С	35	3,900	7,7	8,0	66,9	33,7	–	5,44	3,88	–	43,02	–	–
394	–"–	IV	10С	35	23,800	3,7	5,8	94,8	47,7	–	6,24	5,05	–	58,99	–	–
395	–"–	IV	10С	35	20,900	4,1	6,8	142,7	69,8	–	6,95	5,32	–	82,07	–	–
396	–"–	IV	10С	35	14,100	4,1	6,8	117,4	57,7	–	7,41	4,43	–	69,54	–	–
397	Баг.-сфг.	III	10С	35	4,500	6,6	8,6	67,7	36,3	–	4,39	2,48	–	43,17	–	–
Торлопова, 2001			Коми, Княжпогостский район: Ляльский стационар										62°17′ с.ш., 50°40′ в.д.			
398	Чер.	II	9С1Б	59	1,670	15,5	18,8	258	109,9	5,52	10,65	5,33	–	125,9	25,1	151,0
399	Рзт.-чер.	I	9С1Б	50	0,887	20,5	19,7	235	98,7	5,58	10,57	4,67	–	113,9	23,2	137,1
400	Чер.	I	9С1Б	61	1,349	20,5	21,1	385	151,9	8,70	17,55	7,42	–	176,9	36,7	213,6
401	То же	V	8С2Е	98	2,356	14,0	14,1	216	102,0	9,31	8,58	8,42	–	119,0	28,4	147,4
402	Чер.-сфг.	V	10С	107	1,263	15,5	13,4	148	69,3	6,05	5,36	4,09	–	78,7	18,6	97,3
Бобкова и др., 1982			Коми, Княжпогостский район: Ляльский стационар										62°17′ с.ш., 50°40′ в.д.			
403	Чер.	IV	7С2Е1Б	70	3,062	16,0	15,0	240,0	111,4	7,94	12,5	8,1	0,93	132,9	33,1	166,0
Южная тайга																
Старцев, 2007			Костромская область: Красное на Волге										57°30′ с.ш., 41°30′ в.д.			
404	Чер. A_3	II	9С1Б	92	429	25,9	23,6	227	103,3	8,3	9,0	3,6	–	116,0	–	–
405	Брс. A_2	III	10С	122	468	28,6	23,2	330	145,7	8,3	20,5	5,6	–	172,5	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
	Широколиственные леса															
Курбанов, 2002			Марийская республика: Йошкар-Ола													56°45′ с.ш., 48° в.д.
406	Брс.	I	8С2Б	70	0,450	30,0	25,8	428	118	–	15,4	5,7	5,84	144,9	–	–
407	То же	II	10С	105	0,328	41,5	26,7	370	158	–	17,9	5,2	7,08	188,2	–	–
408	–"–	I	9С1Б	67	0,578	21,3	26,9	291	98	–	13,2	4,7	6,64	122,5	–	–
409	–"–	II	9С1Б	61	0,740	17,7	18,0	181	75	–	10,2	5,1	5,12	95,42	–	–
410	–"–	II	10С	118	0,327	34,2	27,0	344	149	–	18,4	3,7	5,81	176,9	–	–
411	Сфг.	V	7С2Б1Ос + Ив	94	0,680	15,8	12,3	142	69	–	5,8	2,7	8,01	85,51	–	–
412	Длм.-Сфг.	IV	8С2Б + Ос	109	0,954	20,4	19,2	164	64	–	6,2	2,3	7,59	80,09	–	–
413	Мш.	II	10С	60	0,540	20,7	20,1	240	84	–	9,7	4,6	5,39	103,7	–	–
414	Сфг.	V	9С1Б	75	1,440	14,8	14,5	128	49	–	6,7	3,8	5,22	64,72	–	–
415	То же	Va	10С +Б	65	1,890	9,8	8,1	104	45	–	5,7	2,8	7,19	60,69	–	–
416	–"–	V	10С	88	1,593	14,6	10,9	138	67	–	7,9	3,2	0,98	79,08	–	–
417	Трв.-блт.	IV	10С ед. Б	82	1,143	15,2	14,8	145	68	–	7,8	3,8	4,75	84,35	–	–
418	Брс.	III	10С ед. Б, Ос	25	11,650	4,1	6,5	100	17	–	4,1	3,9	3,28	28,28	–	–
419	То же	II	10С ед. Б	47	1,608	13,6	14,1	283	89	–	7,4	5,3	5,96	107,7	–	–
420	Чер.	II	10С	124	0,633	29,5	25,5	429	225	–	20,4	5,9	14,3	265,6	–	–
421	То же	II	8С2Б	45	0,821	20,0	13,8	146	67	–	16,4	5,1	3,06	91,56	–	–
422	–"–	I	10С ед. Б	68	0,962	18,6	23,9	420	164	–	11,8	5,8	3,77	185,4	–	–
423	–"–	II	10С ед. Б	86	0,321	16,8	22,4	321	132	–	24,6	6,3	5,74	168,6	–	–
424	Рзт.	II	9С1Б	54	1,163	17,9	18,2	286	110	–	11,9	6,1	3,76	131,8	–	–
425	Чер.	I	10Сед. Б	76	0,643	27,3	24,3	420	198	–	27,9	7,3	12,54	245,7	–	–
426	Лиш.	IV	10С	65	1,258	12,9	11,6	165	68	–	5,7	4,6	2,11	80,41	–	–
427	Брс.	II	10С ед. Б	73	0,589	17,6	18,6	349	148	–	13,9	4,4	3,93	170,2	–	–
428	Чер.	I	9С1Б ед. Ос	83	0,420	18,8	23,6	429	172	–	12,7	6,4	3,56	194,7	–	–
429	Сфг.	V	10С	103	2,569	16,8	12,7	189	85	–	9,6	4,9	5,46	105,0	–	–
430	Длм.	IV	10С + Ос	16	9,873	2,1	2,8	48	14	–	2,8	3,5	3,39	23,69	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

431	То же	III	9С1Б	31	5,796	6,4	9,3	176	76	–	5,2	4,9	4,89	90,99	–	–
432	–"–	III	9С1Б	56	1,342	12,8	14,8	289	45	–	7,4	5,2	4,26	61,86	–	–
433	–"–	III	10С	115	0,689	24,2	23,0	402	226	–	13,4	5,4	5,52	250,3	–	–
434	Чер.	II	8С2Б ед. Лп.	19	8,659	5,8	5,6	140	10	–	3,9	6,4	1,56	21,86	–	–
435	То же	II	10С ед. Б, Ол	38	0,756	9,6	13,3	169	52	–	9,6	5,9	2,29	69,79	–	–
436	–"–	II	9С1Б	71	0,611	24,3	20,1	390	189	–	22,2	6,6	1,53	219,3	–	–
437	Брс.	I	10С	125	0,268	38,9	33,2	510	267	–	16,9	5,2	7,09	296,2	–	–
438	Кис.	II	9С1Б	45	2,525	12,0	13,6	210	64	–	4,6	5,6	2,81	77,01	–	–
439	То же	I	10С	84	0,925	24,2	25,4	400	126	–	13,8	5,6	10,16	155,6	–	–
440	Лиш.	IV	9С1Б	33	7,521	4,4	4,8	38	38	–	8,6	4,4	3,32	54,32	–	–
441	Чер.	III	8С2Б+Ос	66	1,874	14,8	15,6	250	67	–	10,4	4,7	4,04	86,14	–	–
442	Брс.	II	10С	88	0,994	21,2	22,6	380	95	–	12,7	3,4	5,57	116,7	–	–
443	Чер.-дпм.	III	9С1Б+Ос	125	0,369	24,8	21,2	345	105	–	14,7	3,8	7,39	130,9	–	–
444	Лиш.	V	8С1Б1Ос	42	3,610	6,7	7,4	61	48	–	5,1	4,9	4,32	62,32	–	–
445	Брс.	II	8С2Б	46	2,800	14,0	13,7	156	74	–	8,8	5,4	3,38	91,58	–	–
446	Лиш.	IV	10С+Ос	48	1,260	9,0	8,6	103	37	–	5,1	4,3	0,64	47,04	–	–
447	Чер.	III	8С2Б	89	0,874	19,4	19,1	305	102	–	11,4	4,1	5,46	123,0	–	–
448	То же	II	8С1Б1Ос	44	2,541	12,8	12,0	157	60	–	6,4	5,9	3,12	75,42	–	–
449	Рзт.	II	10СедБ	34	6,784	9,4	9,0	77	31	–	4,2	5,3	2,44	42,94	–	–
450	Сфг.	V	7С3Б	64	2,021	8,8	8,0	76	27	–	5,8	3,5	5,03	41,33	–	–
451	То же	V	10С	38	5,471	2,7	5,4	51	17	–	3,2	3,4	2,43	26,03	–	–
452	Оск.-сфг.	V	8С2Б	94	0,987	13,7	12,6	142	47	–	8,0	3,1	0,76	58,86	–	–
453	Длм.-сфг.	IV	9С1Б	74	1,648	13,9	11,8	175	69	–	7,7	3,9	4,66	85,26	–	–
454	Миш.	III	10С	124	0,274	25,7	24,0	360	115	–	12,0	4,2	7,59	138,8	–	–
455	То же	II	8С1Б1Ос	64	2,241	18,4	16,8	280	108	–	11,7	4,7	3,76	128,2	–	–
456	Брс.	II	10СедБ	47	1,210	14,1	13,7	189	75	–	8,7	5,0	0,61	89,31	–	–
457	То же	II	8С2Б	62	0,705	17,0	16,4	234	109	–	10,7	5,2	0,52	125,4	–	–
458	Кис.	III	8С1Б1Ос	92	0,805	22,0	21,2	311	114	–	13,0	4,4	6,53	137,9	–	–
459	Лиш.	III	10С	43	1,857	9,8	11,7	124	33	–	3,7	4,7	3,63	45,03	–	–
460	То же	IV	8С2Б	115	0,449	22,5	21,7	279	93	–	12,7	3,4	6,33	115,4	–	–
461	Рзт.	III	8С2Б	45	1,640	9,9	8,6	128	44	–	4,8	5,1	4,67	58,57	–	–
462	То же	II	8С2Б ед.Ос	86	0,754	11,9	12,8	395	128	–	17,2	5,6	5,71	156,5	–	–
463	–"–	III	7С2Б1Ос	74	0,849	16,8	17,8	254	88	–	10,7	4,7	0,77	104,2	–	–
464	–"–	IV	9С1Б ед.Ол	62	0,879	12,2	11,4	127	49	–	7,0	4,6	3,21	63,81	–	–

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
465	Брс.	II	10С ед Б	38	2,657	12,0	12,8	146	53	–	6,1	5,1	2,34	66,54	–	–
466	Мш.	III	8С2Б ед Ол	84	0,786	17,4	18,0	284	108	–	11,8	4,7	5,19	129,7	–	–
467	Чер.	III	10С ед Б	63	0,846	13,1	14,0	212	68	–	7,9	5,0	3,66	84,56	–	–
468	Кис.	II	10С ед Б	46	1,925	12,4	13,9	220	61	–	4,1	5,1	3,13	73,33	–	–
469	Сфг.	V	9С1Б	34	5,124	2,4	5,2	48	18	–	2,8	3,1	2,02	25,92	–	–
470	Оск.-сфг.	V	8С2Б+Ив	86	0,750	14,9	12,0	128	64	–	6,4	2,9	6,36	79,66	–	–
471	Сфг.	V	10С ед Б	78	1,125	13,3	9,7	121	69	–	7,2	2,7	0,99	79,89	–	–
472	Длм.-сфг.	IV	9С1Б ед Ив	64	2,245	11,4	10,2	145	57	–	6,3	3,2	3,98	70,48	–	–
473	Трв.-блт.	IV	10С ед Б	84	1,244	15,6	14,4	138	64	–	7,3	3,6	4,49	79,39	–	–
474	Чер.	II	10С ед Б	130	0,488	30,4	26,5	445	138	–	19,1	4,8	14,7	176,6	–	–
475	То же	I	9С1Б ед. Ос	79	0,524	19,9	24,6	426	157	–	12,2	5,8	4,15	179,2	–	–
476	Длм.	III	9С1Б ед Ос	108	0,554	23,8	22,4	390	111	–	13,8	4,7	2,14	131,6	–	–
477	Брс.	II	10С ед. Б	44	1,845	12,8	13,7	270	84	–	7,3	5,5	5,16	102,0	–	–
478	Рзт.	II	9С1Б ед Ос	54	1,256	13,8	14,2	289	102	–	12,7	6,2	2,55	123,5	–	–
479	Длм.	IV	10С + Б	20	3,352	4,7	3,8	32	14	–	1,4	3,5	2,49	21,39	–	–
480	Рзт.	II	10С ед Ос	66	0,856	18,2	18,5	325	125	–	12,8	5,8	4,84	148,4	–	–
481	Брс.	II	10С ед Б	90	0,852	21,9	22,8	394	128	–	15,1	3,9	5,74	152,7	–	–
482	Мш.	III	8С1Б1Ос	80	0,721	17,7	18,8	271	114	–	11,9	4,3	5,17	135,4	–	–
483	Кис.	II	10С ед Б	52	1,648	12,5	13,9	189	73	–	8,3	5,3	0,66	87,26	–	–
484	Мш.	II	8С2Б ед Ос	66	2,264	18,8	17,1	292	114	–	12,6	4,7	4,43	135,7	–	–
485	Рзт.	II	9С1Б	59	1,542	17,3	18,6	276	139	–	10,3	4,0	3,81	157,1	–	–
486	Лиш.	IV	10С	28	4,257	3,9	4,1	45	25	–	3,6	2,8	2,13	33,53	–	–
487	Длм.-сфг.	V	8С1Б1Ос	51	1,857	6,4	6,7	67	28	–	4,7	3,7	3,04	39,44	–	–
488	Трв.-блт.	IV	9С1Б	78	0,927	14,8	14,1	164	64	–	7,0	3,2	5,3	79,50	–	–
489	Брс.	II	8С1Б1Ос ед Ол	41	2,125	13,3	13,2	136	48	–	6,3	4,4	0,45	59,15	–	–
490	То же	III	10С ед. Б	24	4,165	4,4	6,3	88	17	–	4,1	3,6	2,24	26,94	–	–
491	Лиш.	III	10С ед Б, Ос	46	2,451	10,2	10,9	114	48	–	5,7	4,4	2,73	60,83	–	–
492	Длм.	III	10С ед Б, Е	125	0,542	24,6	23,8	415	145	–	13,8	5,0	6,82	170,6	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

493	Чер.	III	10С ед Б	59	0,743	13,3	13,7	198	71	–	7,4	4,4	3,16	85,96	–	–	–
494	Рзт.	III	10С	48	1,257	9,1	9,0	135	51	–	6,0	5,1	3,68	65,78	–	–	–
495	Лиш.	IV	10С ед Б	31	3,852	3,7	4,3	48	29	–	3,8	3,0	1,82	37,62	–	–	–
496	Кис.	I	10С ед Е	78	0,745	24,7	25,0	390	139	–	15,9	5,3	8,25	168,5	–	–	–
497	Брс.	II	10С ед Б	86	0,784	20,9	21,7	350	149	–	8,3	4,7	1,64	163,6	–	–	–
498	То же	II	9С1Б	45	1,112	13,7	13,6	190	76	–	12,6	5,7	2,23	96,53	–	–	–
499	„„	I	9С1Б	71	0,676	24,6	27,1	305	139	–	10,3	4,3	6,27	159,9	–	–	–
500	Рзт.	II	9С1Б	48	1,189	14,7	14,2	251	94	–	3,6	5,9	4,21	107,7	–	–	–
501	Лиш.	III	10С ед Б	52	1,842	11,3	11,8	125	63	–	4,7	4,9	3,27	75,87	–	–	–
502	Рзт.	II	9С1Б	60	0,952	14,6	14,9	315	115	–	7,0	5,9	3,84	131,7	–	–	–
503	Брс.	I	10С	128	0,259	39,5	33,9	490	204	–	6,3	5,0	6,61	221,9	–	–	–
504	Чер.	III	9С1Б	58	0,823	14,1	14,6	249	81	–	4,1	5,3	4,57	94,97	–	–	–
505	Рзт.	II	10С едБ	27	5,214	9,4	8,7	70	37	–	5,7	4,7	1,86	49,26	–	–	–
506	Лиш.	IV	10С	29	4,625	4,0	4,4	43	28	–	13,8	2,6	1,08	45,48	–	–	–
507	Сфг.	V	9С1Б	74	1,345	14,3	9,4	111	61	–	7,4	3,3	2,08	73,78	–	–	–
508	Чер.-дпм.	III	8С1Б1Ос ед Е	133	0,284	25,8	24,8	367	136	–	6,0	3,3	9,24	154,5	–	–	–
509	Мш.	III	8С2Б ед Ос	81	0,865	17,0	17,5	263	84	–	3,8	4,3	4,77	96,87	–	–	–
510	Лиш.	V	8С1Б1Ос	38	4,587	6,3	7,2	55	29	–	15,9	3,7	3,08	51,68	–	–	–
511	Брс.	II	10С ед Ос	98	0,689	22,8	23,7	424	135	–	8,3	4,0	7,49	154,8	–	–	–
512	Сфг.	V	8С1Б1Ос	31	6,489	3,6	5,0	44	13	–	2,2	2,8	2,22	20,22	–	–	–
513	Рзт.	II	9С1Б	58	0,983	17,0	17,2	310	93	–	10,8	5,4	3,39	112,6	–	–	–
514	Лиш.	III	10С	60	1,541	11,8	12,3	145	54	–	7,7	5,0	2,01	68,71	–	–	–
515	Чер.	I	10С ед Ос	80	0,672	29,3	24,8	420	157	–	20,4	7,6	8,88	193,9	–	–	–
516	Сфг.	V	9С1Б	39	4,647	5,4	5,1	54	20	–	3,0	3,3	3,16	29,46	–	–	–
517	Чер.	II	10С	18	9,547	7,8	6,6	34	18	–	3,0	4,9	1,71	27,61	–	–	–
518	Рзт.	IV	9С1Б	65	0,643	11,4	11,0	137	61	–	5,9	4,3	4,21	75,41	–	–	–
519	Мш.	III	8С1Б1Е	115	0,271	26,7	23,8	348	124	–	11,4	4,0	4,09	143,5	–	–	–
520	Брс.	II	8С1Б1Ос	68	0,845	20,0	18,4	327	118	–	12,7	5,4	6,89	143,0	–	–	–
521	Рзт.	III	7С2Б1Ос	70	0,629	16,0	15,8	238	84	–	10,4	4,3	5,81	104,5	–	–	–
522	То же	II	10С ед Б	54	0,842	13,9	14,0	227	83	–	8,4	5,1	3,45	100,0	–	–	–
523	Лиш.	IV	8С1Б1Ос	110	0,346	22,9	20,4	251	87	–	11,9	4,2	8,23	111,3	–	–	–
524	Рзт.	II	9С1Б ед Ос	58	0,945	13,2	13,7	289	97	–	13,4	5,4	4,8	120,6	–	–	–
525	Чер.	II	10С	68	0,769	23,2	21,1	365	142	–	23,3	6,0	3,73	175,0	–	–	–
526	Чер.-дпм.	III	8С1Б1Ос	110	0,213	25,7	22,9	341	115	–	12,7	3,7	7,33	138,7	–	–	–
527	Рзт.	II	9С1Б ед Е	63	0,843	13,6	13,8	324	117	–	11,3	5,2	5,75	139,3	–	–	–

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
528	То же	II	9С1Б	52	0,978	18,5	19,0	272	106	–	12,5	5,4	4,81	128,7	–	–
529	Лиш.	III	10С ед Б, Ос	66	1,214	12,6	12,9	155	69	–	7,9	4,9	3,5	85,30	–	–
530	Брс.	II	10С ед Ос	81	0,683	19,8	20,4	340	129	–	14,1	4,8	5,42	153,3	–	–
531	Трв.-блт.	IV	10С ед Б, Ос	91	1,124	16,5	14,8	158	63	–	6,3	3,8	5,58	78,68	–	–
532	Мш.	III	8С2Б	75	0,589	17,4	16,9	244	88	–	11,2	4,4	5,16	108,8	–	–
533	Рзт.	II	9С1Б	62	0,846	16,7	16,8	321	97	–	11,3	5,3	3,97	117,6	–	–
534	Брс.	II	10С ед Б, Ос	52	1,249	14,4	13,3	209	85	–	9,3	4,7	2,45	101,5	–	–
535	Лиш.	IV	9С1Б ед Е	28	8,426	5,4	5,8	47	20	–	7,5	4,6	1,16	33,26	–	–
536	Рзт.	II	10С	53	0,986	13,6	14,2	301	74	–	10,1	4,9	3,59	92,59	–	–
537	То же	IV	9С1Б ед. Ос	66	1,547	9,4	8,2	137	53	–	6,9	4,4	3,81	68,11	–	–
538	Мш.	II	10С	59	1,297	18,4	17,8	264	113	–	10,2	4,3	2,93	130,4	–	–
539	Длм.	IV	9С1Б	27	4,368	4,0	4,3	48	15	–	1,8	3,3	1,95	22,05	–	–
540	Брс.	II	8С2Б ед. Ос	51	1,573	13,4	13,9	176	77	–	10,7	5,1	4,09	96,89	–	–
541	Рзт.	II	9С1Б ед Ос	70	0,649	18,8	19,1	309	106	–	12,2	5,4	6,12	129,7	–	–
542	Лиш.	III	10С ед Ос	55	0,849	11,9	12,7	136	60	–	6,2	4,5	4,29	74,99	–	–
543	Брс.	II	10С	86	0,487	24,8	22,4	373	138	–	15,2	5,0	6,02	164,2	–	–
544	Рзт.	II	8С1Б1Ос	62	1,324	18,3	17,4	247	117	–	12,6	4,7	3,78	138,1	–	–
545	Мш.	II	10С ед Б	54	1,452	17,2	16,8	228	92	–	10,6	4,7	3,83	111,1	–	–
546	Рзт.	IV	8С1Б1Ос	68	0,543	12,1	12,2	163	54	–	7,8	4,5	1,21	67,51	–	–
547	Чер.	II	10С ед Б	110	0,386	31,6	26,9	487	162	–	18,0	4,4	11,1	195,5	–	–
	(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ															
	Северная тайга															
Бобкова, 2005			Комп: Печора											64°30′ с.ш., 55°30′ в.д.		
548	Брс.-лиш.	Va	10С	28	33,600	–	2,3	41,6	12,4	–	2,44	2,59	6,25	23,68	7,97	31,65
549	Глб.-чер.	V	5С4Б1Е	28	83,000	–	3,2	65,8	15,14	–	3,44	2,60	9,78	30,96	8,73	39,69
550	Оск.-сфг.	Va	9С1Б	28	13,500	–	1,4	9,9	3,09	–	0,98	0,86	12,23	17,16	2,58	19,74

Электронный архив УГЛТУ

Южная тайга

Корепанов, Насимов, 2003						Прикамье, Кировская область								59° с.ш., 53° в.д.			
551	Кус.-сфг.	V	10С	58	1,340	9,2	7,3	42	5,0	1,5	0,29	0,30	–	5,59	–	–
552	Кус.-сфг.	IV	10С	70	2,220	13,0	12,9	140	76,3	6,1	14,9	4,29	–	95,5	–	–
553	Кус.-сфг.	III	10С	65	1,800	14,3	15,7	195	87,2	5,9	13,3	6,04	–	106,5	–	–
Магасумова, 2004						Свердловская область: Горный щит								56°30′ с.ш., 60°40′ в.д.			
554	Рзт.	II	10С	130	0,378	36,0	27,0	440,0	213,6	15,8	34,3	3,01	–	250,9	–	–
555	То же	II	10С	130	0,377	36,0	27,0	436,0	211,6	15,6	26,2	5,21	–	243,0	–	–
556	–"–	II	10С	130	0,377	36,0	27,0	438,0	212,6	15,7	40,2	4,48	–	257,3	–	–
Луганская, Луганский, 1970						Свердловская обл.: Новая Ляля								59° с.ш., 60°50′ в.д.			
557	Брс.	III	10С	23	22,011	2,2	2,2	24,1	9,5	–	2,91	2,91	–	15,32	8,95	24,3
558	Рзт.	III	8С2Б	23	15,871	2,9	5,0	98,0	39,0	–	5,46	5,05	–	49,51	9,69	59,2
Луганская, 1970; Луганская, Луганский, 1970						Свердловская обл.: Невьянск								57°30′с.ш., 60°20′ в.д.			
559	Брс.	III	10С	21	36,150	2,7	5,1	52,0	20,6	–	2,11	2,80	–	25,51	13,4	38,9
560	То же	IV	8С2Б	21	31,500	2,4	3,3	34,0	13,4	–	1,79	1,95	–	17,14	14,1	31,2
561	Рзт.	III	10С	21	14,129	3,5	4,5	58,0	32,3	–	4,97	4,20	–	41,47	16,5	58,0
Луганская, 1970; Луганская, Луганский, 1970						Свердловская обл.: Полевской								56°25′ с.ш., 60°10′ в.д.			
562	Брс.	IV	10С	21	46,826	2,4	3,6	61,0	24,2	–	2,24	3,37	–	29,81	4,24	34,1
563	То же	IV	9С1Б	21	14,289	3,6	4,6	123,0	52,1	–	4,17	8,55	–	64,82	6,79	71,6
564	–"–	IV	7С3Б	21	23,326	3,3	4,2	103,0	43,6	–	9,07	2,12	–	54,79	7,30	62,1
565	Рзт.	IV	10С	21	37,256	2,7	3,9	85,0	34,0	–	4,36	4,16	–	42,52	5,23	47,8
566	То же	III	6С4Б	21	22,127	4,2	5,5	123,0	52,1	–	8,03	5,70	–	65,83	7,03	72,9
Аткина, Петелина, 2002; Петелина, 2004						Челябинская область: Катав-Ивановск								55° с.ш., 58° в.д.			
567	–	III	10С	10	9,750	3,2	1,8	10,5	8,05	–	3,65	4,23	–	15,9	–	–
568	–	II	10С	15	2,345	7,7	5,7	76,6	61,3	–	8,28	7,32	–	76,9	–	–
569	–	II	10С	20	3,100	7,4	8,6	89,2	71,4	–	22,6	12,7	–	106,7	–	–
570	–	II	10С	30	1,024	14,3	16,3	127,6	109,0	–	16,0	6,54	–	131,5	–	–
571	–	III	10С	40	0,792	14,4	17,8	109,3	92,4	–	13,7	4,19	–	110,3	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
(E) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																
Средняя тайга																
Wirth et al., 1999			Красноярский край: Зотино											60°43′ с.ш., 89°08′ в.д.		
572	Lichen	IV	10C	14	9,900	2,0*	2,0	6,0*	2,4	–	0,9	1,7	–	5,0	–	–
573	То же	V	10C	28	10,000	2,8	3,4	21,5*	8,6	–	1,7	2,0	1,1	13,4	–	–
574	–"–	V	10C	31	10,100	3,4	4,0	36,5*	14,6	–	2,8	3,1	–	20,5	–	–
575	–"–	–	10C	54	6,186	6,4	–	–	45,3	–	7,9	6,7	–	59,9	–	–
576	–"–	V	10C	95	3,933	10,8	13,3	260*	113,2	–	8,9	5,2	–	127,3	–	–
577	–"–	V	10C	67	2,844	10,8	10,5	135*	58,7	–	10,4	7,8	1,4	78,3	–	–
578	–"–	V	10C	130	1,525	15,5	15,6	181*	78,9	–	4,7	3,3	6,6	93,5	–	–
579	–"–	V	10C	138	1,100	18,4	15,3	202*	88,0	–	7,8	4,9	1,7	102,4	–	–
580	–"–	V	10C	200	0,478	26,5	17,9	198*	86,3	–	16,0	4,5	–	106,8	–	–
581	–"–	V	10C	204	0,800	22,3	16,3	192*	83,3	–	10,1	3,8	1,4	98,6	–	–
582	–"–	V	10C	383	0,455	32,5	18,7	237*	103,1	–	21,6	6,3	1,6	132,6	–	–
583	–"–	V	10C	32	1,750	4,7	3,7	5,0*	1,8	–	0,4	0,1	–	2,3	–	–
584	–"–	V	10C	48	1,933	8,6	7,6	63,2*	25,3	–	5,5	4,0	–	34,8	–	–
585	–"–	Va	10C	50	0,212	7,3	4,0	3,3*	1,4	–	0,5	0,3	–	2,2	–	–
586	–"–	V	10C	215	0,270	30,2	16,8	137*	59,6	–	12,4	3,8	–	75,8	–	–
587	–"–	Va	10C	235	0,156	30,5	14,6	81,0*	35,2	–	9,7	2,7	–	47,6	–	–
588	–"–	V	10C	238	0,128	36,8	17,0	92,0*	40,0	–	12,3	3,2	–	55,5	–	–
589	–"–	V	10C	244	0,232	27,6	14,9	94,5*	41,1	–	12,1	3,6	3,0	59,8	–	–
590	–"–	IV	10C	274	0,050	44,0	20,9	58,2*	25,3	–	9,6	2,9	–	37,8	–	–
591	–"–	V	10C	321	0,136	40,0	17,1	150*	65,0	–	27,8	8,3	–	101,1	–	–
592	Vaccinium	II	10C	12	8,600	3,8	4,2	44,3*	17,7	–	2,7	3,9	–	24,3	–	–
593	То же	IV	10C	95	1,975	13,3	14,9	222*	96,4	–	8,8	5,2	–	110,4	–	–
594	–"–	IV	10C	266	0,427	35,0	22,1	463*	201,3	–	29,6	8,5	–	239,4	–	–
595	–"–	–	10C	270	0,590	29,9	–	609*	264,6	–	24,2	9,4	–	298,2	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Ведрова, 2002				Красноярский край: р. Кас									59°40′ с.ш., 90° в.д.			
596	Лиш.	III	10C	40	2,514*	9,6	9,8	92,0	36,3	5,5	4,1	4,1	–	44,5	7,7	52,2
597	То же	IV	10C	80	0,985*	17,8	15,1	174	73,1	9,5	9,1	3,4	–	85,6	15,9	101,5
598	–"–	V	10C	100	0,602*	25,4	13,7	203	87,9	11,5	11,0	4,2	–	103,1	19,1	122,2
				(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ												
				Лесостепь												
Грешилова, 2004; Стаканов и др., 2002				Красноярский край: Погорельский бор									56°10′ с.ш., 92°30′ в.д.			
599	Брс.-рзт.	II	10C	18	22,675	2,8	5,1	47,0	17,9	2,7	3,3	4,3	–	25,5	3,8	29,3
600	То же	II	10C	20	5,378	6,4	7,0	75,0	28,5	4,3	5,3	6,8	–	40,6	6,1	46,7
601	То же	III	10C	20	24,600	3,6	5,1	125,0	47,5	7,1	8,9	11,3	–	67,7	10,1	77,8
602	–"–	II	10C	26	10,500	6,1	7,9	149,0	56,6	8,5	16,4	7,7	–	80,7	12,0	92,7
603	–"–	II	10C	26	5,875	7,5	8,7	134,0	50,9	7,6	14,7	6,9	–	72,5	10,8	83,3
604	–"–	II	10C	35	7,900	8,4	12,9	276,0	107,6	16,2	19,2	8,2	–	135,0	23,2	158,2
605	–"–	II	10C	35	5,875	9,0	13,1	280,0	109,2	16,4	19,5	8,4	–	137,1	25,9	163,0
606	–"–	II	10C	35	7,775	8,7	12,7	312,0	121,7	18,3	21,7	9,3	–	152,7	17,5	170,2
607	–"–	I	10C	35	2,250	12,8	14,3	211,0	82,3	12,3	14,7	6,3	–	103,3	34,9	138,2
608	–"–	III	10C	39	7,712	7,7	11,2	250,0	100,0	15,0	20,4	5,1	–	125,5	21,3	146,8
609	–"–	II	10C	39	4,320	10,6	13,8	272,0	108,8	16,3	22,2	5,6	–	136,6	23,1	159,7
610	–"–	II	10C	58	3,050	14,2	18,0	401,0	164,4	24,7	20,9	6,9	–	192,2	34,9	227,1
611	–"–	II	10C	58	3,650	14,0	18,1	468,0	199,3	29,9	25,4	8,5	–	233,2	42,3	275,5
612	–"–	II	10C	58	2,800	14,4	18,5	386,0	158,3	23,7	20,2	6,7	–	185,2	33,6	218,8
613	–"–	II	10C	58	2,125	17,4	20,0	454,0	186,1	27,9	23,7	7,9	–	217,7	39,6	257,3
				(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК												
				Pinus sylvestris* var. *mongolica												
				Южная тайга												
Xu et al., 1988				Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян						650 м над ур. м.			52°30′ с.ш., 124°30′ в.д.			
614	Rhodod.	IV	10C	100	0,467	18,0	19,0	107,0	28,3	–	7,13	2,95	–	38,38	8,19	46,6
Ni et al., 2001				Северо-Восточный Китай: провинция Хэйлунцзян						500–900 м над ур. м.			51–53° с.ш., 121–126° в.д.			
615	–		C	134	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	131,5
616	–		C	84	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	102,4

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета	Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
								стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
								всего	коры						
617	–	С	93	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	126,5
618	–	С	150	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	145,3
619	–	С	53	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	94,82
620	–	С	180	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	150,5
621	–	С	130	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	119,0
622	–	С	171	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	158,0
623	–	С	63	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	98,11
								Pinus tabulaeformis							
								Широколиственные леса							
Ni et al., 2001		Восточный Китай: провинции Шэньси, Шаньдун, Ляонин						350–3200 м над ур. м.				33–42° с.ш., 107–120° в.д.			
624	–	С	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66,3
625	–	С	51	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	145,5
626	–	С	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	177,0
627	–	С	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	134,8
628	–	С	86	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	285,4
629	–	С	23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45,89
630	–	С	27	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74,45
631	–	С	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	120,3
632	–	С	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	42,02
633	–	С	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	92,14
634	–	С	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	31,14
635	–	С	24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80,73
636	–	С	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	164,4
637	–	С	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	57,8
638	–	С	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50,2
639	–	С	95	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	130,6

Электронный архив УГЛТУ

640	–		C	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69,3
641	–		C	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	107,9
642	–		C	36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	129,5
643	–		C	49	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	134,0
644	–		C	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	118,6

4б. *PINUS, plantations*

Pinus sylvestris

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Широколиственные леса

Cermák et al., 1998; Xiao et al., 2003				Бельгия: Антверпен						16 м над ур. м.				51°18′ с.ш., 4°31′ в.д.				
645	Rhododendr.	II	10C	66	0,538	27,1	20,6	–	146,5	–	18,7	3,9	–	169,1	28,7	197,8
Xiao et al., 2003				Бельгия: Антверпен						16 м над ур. м.				51°18′ с.ш., 4°31′ в.д.				
646	Rhododendr.	II	10C	73	0,374	29,4	21,4	–	131,2	–	17,8	3,5	–	152,5	22,3	174,8
Yuste et al., 2005				Бельгия: Антверпен						16 м над ур. м.				51°18′ с.ш., 4°31′ в.д.				
647	Rhododendr.	II	10C	75	0,362	29,7	21,5	–	122,6	–	16,8	3,4	–	142,8	25,2	168,0
Santa Regina et al., 1997				Северная Испания: Бургос, Логроньо										42°20′ с.ш., 4°10′ з.д.				
648	Cambizol	II	10C	50	0,581	26,0	15,0		111,8	–	29,05	11,25	–	152,1	–	–

(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Южная тайга

Бабиков, Субота, 2003				Ленинградская область: Тосно										59°40′ с.ш., 31° в.д.				
649	Мезотр. торф.	I–Ia	10C	40	–	–	18,0	366*	146,5	–	34,5	12,3	–	193,3	–	–

Хвойно-широколиственные леса

Tamm, 1963, 1969				Южная Швеция: пров. Смоланд						200–250 м над ур. м.				57°30′–66°30′ с.ш.				
650	Культуры	III	10C	39	0,950	–	8,7	27	10,8	1,6	3,0	1,2	–	15,0	–	–
651	То же	II	10C	40	1,849	–	11,6	109	43,7	6,6	5,6	2,9	–	52,2	–	–
652	–"–	–	10C	72	–	–	–	90	35,9	5,4	6,5	2,7	–	45,1	–	–
653	–"–	–	10C	75	–	–	–	89	39,5	3,4	5,6	2,7	–	47,8	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
Tamm, 1969				Южная Швеция: пров. Смоланд.							30 м над ур. м.			60°00′ с.ш.		
654	Культуры	–	10С	44	–	–	–	66	27,2	3,0	7,1	3,5	–	37,8	–	–
				***Pinus pallasiana* D. Don.**												
				Степь												
Санников, Смолепков, 1997				Ростовская область: Городищенский лесхоз										49°10′ с.ш., 40°00′ в.д.		
655	Культуры	II	10С	66	0,120	26,0	18,0	220	92,4*	–	6,04*	2,95	–	101,4	–	–
656	То же	IV	10С	72	0,100	20,0	15,0	120	50,4*	–	4,27*	2,03	–	56,7	–	–
657	–"–	III	10С	41	1,400	14,0	10,0	100	42,0*	–	27,7*	14,9	–	84,6	–	–
658	–"–	IV	10С	51	1,200	14,0	11,0	110	46,2*	–	28,0*	14,6	–	88,8	–	–
659	–"–	III	10С	34	1,100	12,0	10,0	110	46,2*	–	25,1*	12,1	–	83,4	–	–
660	–"–	III	10С	27	1,100	12,0	8,0	80	33,6*	–	19,3*	9,82	–	62,7	–	–
661	–"–	–	10С	13	1,300	5,0	2,0	25	10,5*	–	3,35*	2,21	–	16,1	–	–
662	–"–	IV	10С	20	1,000	6,0	4,0	50	21,0*	–	13,4*	8,05	–	42,4	–	–
				P. sylvestris												
				(С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ												
				Северная тайга												
Бабич и др., 2004				Архангельская область: Емецк										63°40′ с.ш., 42° в.д.		
663	Чер.	III	9С1Ос	58	2,800	13,2	16,7	310	145,2	12,7	7,4	8,1	–	160,7	–	–
664	То же	III	8С2Б	58	1,582	15,4	16,8	238	109,3	9,5	6,9	5,1	–	121,3	–	–
665	Брс.	IV	10С	58	3,514	10,6	14,3	250	126,5	11,3	7,65	8,2	–	142,3	–	–
666	То же	IV	10С	58	4,065	9,1	12,0	189	93,7	9,4	6,15	8,35	–	108,2	–	–
667	–"–	IV	10С	58	3,000	11,2	13,5	230	115,0	8,6	6,8	6,7	–	128,5	–	–
668	–"–	IV	10С	58	2,943	12,3	14,8	290	128,5	10,2	7,0	8,1	–	143,6	–	–

Электронный архив УГЛТУ

669	–"–	III	10С	58	2,362	12,3	15,5	251	121,2	10,3	6,4	7,7	–	135,3	–	–
670	Лиш.	V	10С	58	5,609	7,4	10,3	155	78,7	8,9	4,0	6,5	–	89,2	–	–
671	То же	V	10С	58	8,280	5,3	8,3	106	71,2	7,5	4,9	6,5	–	82,6	–	–
672	–"–	V	10С	58	4,108	7,9	10,7	136	53,2	6,5	4,4	6,2	–	63,8	–	–
673	Врс.-лиш.	V	10С	58	8,527	5,1	7,4	94	49,0	6,5	3,3	5,7	–	58,0	–	–
674	То же	V	10С	58	7,720	5,4	7,6	95	49,9	5,9	5,1	7,2	–	62,2	–	–
675	–"–	V	10С	58	2,856	8,6	10,7	112	53,6	5,8	4,4	5,8	–	63,8	–	–
676	Чер.	I	7С3Б	72	1,864	15,7	22,2	339	135,0	10,2	11,9	6,5	–	153,4	–	–
677	То же	I	9С1Б	72	1,660	17,5	22,1	402	160,7	11,3	8,2	6,4	–	175,3	–	–
								Средняя тайга								
Бабич и др., 2004				Архангельская область: Вельск									61° с.ш., 42°30′ в.д.			
678	Культуры	III	8С2Б	38	4,387	7,7	10,4	113	64,1	6,9	7,25	4,52	–	75,9	–	–
679	То же	III	7С3Б	38	3,527	8,2	11,1	107	60,0	6,3	5,20	4,48	–	69,7	–	–
680	–"–	III	9С1Б	38	4,294	8,0	11,3	128	66,9	6,7	5,20	5,58	–	77,7	–	–
681	–"–	III	8С2Б	38	3,919	8,5	11,5	133	73,2	7,1	5,90	5,30	–	84,4	–	–
682	–"–	III	10С	38	3,220	7,9	9,4	84	45,2	4,5	5,87	3,98	–	55,1	–	–
683	–"–	IV	9С1Б	38	5,280	7,0	8,7	97	60,2	6,0	7,40	5,56	–	73,2	–	–
684	–"–	II	6С4Б	38	2,680	9,2	12,7	112	58,8	6,0	5,50	3,76	–	68,1	–	–
685	–"–	II	6С4Б	38	3,106	8,3	11,8	102	47,9	5,4	3,84	3,29	–	55,0	–	–
686	–"–	III	8С2Б	38	3,869	7,7	10,6	100	53,5	5,6	4,46	4,38	–	62,3	–	–
Бабич и др., 2004; Евдокимов, 2005				Архангельская область: Няндома									62°10′ с.ш., 40°10′ в.д.			
687	Культуры	II	9С1Б	51	1,083	15,9	16,9	176	87,1	5,7	7,52	5,88	–	100,5	–	–
688	То же	II	9С1Б	50	1,627	14,8	16,9	230	110,0	7,3	7,73	6,23	–	124,0	–	–
								Широколиственные леса								
Бабич и др., 2004				Владимирская область: Муромцевский лесхоз									56° с.ш., 42° в.д.			
689	Св. бор	I	10С	39	2,230	13,6	15,1	289	124,4	8,4	11,8	5,5	1,45	143,2	27,7	170,9
690	То же	II	10С	39	3,950	10,3	13,2	260	117,3	9,0	10,8	5,7	0,73	134,5	26,1	160,6
691	–"–	III	10С	39	4,367	8,4	10,9	181	76,5	6,2	8,0	4,0	0,61	89,1	16,3	105,4

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	A, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
						(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ										
						Южная тайга										
Усольцев и др, 2004в						Свердловская область: Сухой Лог								57° с.ш., 62° в.д.		
692	Рзт.	I	10С	15	2,592	7,2	5,55	34,8	11,5	2,16	6,49	5,98	–	24,0	–	–
693	То же	I	10С	18	6,045	7,4	7,71	107,0	36,8	6,05	8,09	10,6	–	55,5	–	–
694	–"–	II	10С	26	3,396	10,0	8,60	166,0	42,8	5,72	12,8	10,4	–	66,0	–	–
695	–"–	I	10С	29	2,733	12,1	12,2	207,0	71,1	7,21	10,7	8,48	–	90,3	–	–
696	–"–	Ia	10С	32	3,944	12,5	16,6	452,0	147,2	13,5	18,1	9,39	–	174,7	–	–
Усольцев и др, 2005а						Свердловская область: Билимбаевский лесхоз								57° с.ш., 61° в.д.		
697	Рзт.	II	10С	25	4,766	7,4	9,1	105,0	46,6	4,5	7,0	3,4	–	57,0	–	–
698	Яг.	II	10С	28	4,673	10,0	11,0	199,0	92,2	7,3	12,5	4,8	–	109,5	–	–
699	То же	II	10С	37	3,400	12,3	14,3	288,0	140,9	10,0	11,4	7,3	–	159,6	–	–
700	–"–	I	10С	37	1,643	16,4	16,7	290,0	142,3	11,3	14,5	6,9	–	163,7	–	–
Аткина, Петелина, 2002; Петелина, 2004						Челябинская область: Катав-Ивановск								55° с.ш., 58° в.д.		
701	–	II	10С	10	2,260	3,3	2,5	6,3	5,01	–	2,51	3,95	–	11,5	–	–
702	–	II	10С	15	3,100	4,5	3,8	9,1	7,31	–	2,05	2,63	–	12,0	–	–
703	–	III	10С	20	1,415	7,3	13,6	30,9	24,7	–	5,90	4,77	–	35,4	–	–
704	–	II	10С	30	1,524	12,6	15,2	87,1	74,2	–	5,26	4,17	–	83,6	–	–
705	–	II	10С	40	1,040	15,7	17,6	202,5	162,0	–	12,9	5,58	–	180,5	–	–
						Лесостепь										
Суставова, 2004						Челябинская область: Джабык-Карагайский бор								55° с.ш., 58° в.д.		
706	Рзт.-луг.	II	10С	20	4,545	9,1	6,7	124,0	49,6	5,33	14,6	13,1	–	77,3	–	–
707	То же	II	10С	30	2,564	13,0	11,1	202,0	81,9	6,68	16,4	11,9	–	110,2	–	–

Электронный архив УГЛТУ

708	–"–	I	10C	40	1,639	16,9	15,0	277,0	112,9	7,98	17,5	10,8	–	141,2	–	–
709	–"–	I	10C	50	1,107	20,3	18,6	328,0	133,6	8,85	16,9	9,34	–	159,8	–	–
710	–"–	I	10C	60	0,775	23,7	21,7	362,0	147,9	9,44	16,1	8,13	–	172,1	–	–
711	Зл.-рзт.	III	10C	20	5,882	7,1	5,9	95,0	37,7	4,83	11,6	11,1	–	60,4	–	–
712	То же	II	10C	30	3,175	11,2	10,3	181,0	73,2	6,32	15,1	11,2	–	99,5	–	–
713	–"–	II	10C	40	1,916	14,8	14,3	244,0	99,0	7,40	15,8	10,0	–	124,8	–	–
714	–"–	I	10C	50	1,273	18,2	17,9	293,0	119,1	8,24	15,7	8,87	–	143,7	–	–
715	–"–	I	10C	60	0,862	21,1	20,8	309,0	126,1	8,53	14,3	7,52	–	147,9	–	–

(E) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесостепь

Усольцев и др., 2004в, 2006 — Омская область: Саргатское — 55°30′ с.ш., 73°30′ в.д.

716	Культуры	Ia	10C	10	2,264	5,7	4,5	17,9	6,14	2,03	2,06	3,38	–	11,58	–	–
717	То же	Ia	10C	21	2,945	11,0	10,4	143,0	48,89	5,84	10,39	7,16	–	66,44	–	–
718	–"–	Ia	10C	30	1,925	15,6	14,8	282,0	88,31	8,71	8,23	8,04	–	104,58	–	–
719	–"–	I	10C	40	1,836	15,6	16,6	317,6	110,24	7,81	11,87	10,56	–	132,67	–	–
720	–"–	I	10C	50	1,603	18,4	18,7	288,5	113,39	7,81	12,55	9,33	–	135,27	–	–
721	–"–	Ia	10C	20	2,636	10,1	10,2	132,4	40,86	4,30	12,66	10,58	–	64,10	–	–
722	–"–	I	10C	20	1,873	12,3	8,9	88,9	37,78	4,30	18,78	16,03	–	72,59	–	–
723	–"–	II	10C	20	2,129	9,9	6,8	50,9	22,29	2,84	9,05	8,48	–	39,82	–	–
724	–"–	III	10C	20	1,794	8,2	5,1	27,1	10,76	1,49	2,90	8,85	–	22,51	–	–

Габеев, 1975 — Новосибирская область: Бердск — 54°40′ с.ш., 83° в.д.

725	Культуры	–	10C	2	8480,0	0,28**	0,086	–		2,44	6,91	–	9,35	–	–	
726	То же	–	10C	2	10530,0	0,24**	0,062	–		2,23	7,41	–	9,65	–	–	
727	–"–	–	10C	2	10530,0	0,24**	0,062	–		2,27	6,58	–	8,65	–	–	
728	–"–	–	10C	3	5160,0	0,41**	0,22	–		6,35	9,35	–	15,7	–	–	
729	–"–	–	10C	3	6570,0	0,35**	0,20	–		6,82	9,10	–	15,9	–	–	
730	–"–	–	10C	4	1380,0	0,81**	0,53	–		8,25	9,47	–	17,7	–	–	
731	–"–	–	10C	5	1210,0	0,96**	0,81	–		21,6	13,0	–	34,6	–	–	
732	–"–	–	10C	5	990,0	1,19**	0,89	–		18,5	9,29	–	28,8	–	–	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
								Pinus tabulaeformis								
								(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК								
								Широколиственные леса								
Xiao, 1990				Восточный Китай: пров. Шэньси				800–1930 м над ур. м.					33–38° с.ш., 108–110° в.д.			
733	Культуры	I	10C	20	3,500	10,7	8,9	98,2*	39,3	6,24	12,3	7,87	0,38	59,9	9,98	69,9
734	То же	II	10C	21	4,400	7,2	7,1	88,7*	35,5	5,82	6,91	5,48	0,14	48,1	11,3	59,4
735	–"–	I	10C	21	4,400	8,3	8,6	125,0*	50,0	7,06	12,4	7,62	0,61	70,6	14,7	85,3
736	–"–	II	10C	25	3,100	9,1	8,5	81,5*	32,6	4,78	9,79	5,63	0,26	48,3	9,50	57,8
737	–"–	II	10C	22	5,270	8,3	8,1	91,5*	36,6	5,78	8,77	8,99	0,72	55,1	11,5	66,6
738	–"–	II	10C	20	5,100	6,9	7,2	98,5*	39,4	6,31	8,59	10,5	0,36	58,9	11,4	70,3
739	–"–	IV	10C	17	3,650	4,0	3,3	15,0*	5,99	1,11	2,73	3,64	0,09	12,5	2,84	15,3
								5. PINUS SIBIRICA, P. KORAIENSIS								
								(F) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ								
								Северная тайга								
Плешиков и др., 2002				Красноярский край: низовья р. Нижняя Тунгуска									65°30′ с.ш., 90° в.д			
740	Кус.-злм.	V	2K8Л	380	0,401	21,7	14,7	69,3	33,2	3,9	5,2	1,2	28,4	68,0	26,6	94,6
741	То же	V	2K6Л2Б	110	1,473	12,7	12,3	118,1	58,5	8,1	10,9	2,9	16,1	88,4	46,9	135,3
742	Кус.-лиш.	Va	3K7Л	200	0,322	20,4	12,8	60,2	27,9	3,8	4,9	1,8	28,7	63,3	22,4	85,7
								(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ								
								Южная тайга								
Стакин и др., 2004				Кемеровская область: Таштагол									50°30′ с.ш., 88° в.д.			
743	Рзт.	III	7K3П	100	0,461	36,0	19,6	376	143,0	–	8,9	4,49	–	156,4	–	–
744	То же	III	5K5Б	230	0,236	57,1	29,2	594	226,0	–	8,1	4,08	–	238,2	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Лесостепь

Пастухова, 2003 Красноярск: Караульное 56° с.ш., 92°30′ в.д.

745	Культуры	IV	10K	24	0,816	5,4*	4,3	7,2*	2,36	0,80*	1,22	2,19	–	5,77	–	–
746	То же	IV	10K	24	0,816	5,6*	4,7	8,3*	2,72	0,92*	1,33	2,41	–	6,46	–	–
747	–"–	IV	10K	24	0,816	4,2*	4,0	5,3*	1,75	0,60*	1,08	1,95	–	4,78	–	–
748	–"–	V	10K	24	0,816	4,6*	3,9	5,6*	1,83	0,62*	1,08	1,94	–	4,85	–	–
749	–"–	IV	10K	24	0,816	4,7*	4,1	6,1*	2,00	0,68*	1,12	2,02	–	5,14	–	–
750	–"–	IV	10K	24	0,816	4,7*	4,4	6,7*	2,18	0,74*	1,23	2,23	–	5,64	–	–
751	–"–	IV	10K	24	0,816	5,0*	4,3	6,8*	2,22	0,75*	1,24	2,24	–	5,70	–	–
752	–"–	IV	10K	24	0,816	5,1*	4,1	7,1*	2,32	0,79*	1,22	2,19	–	5,73	–	–
753	–"–	V	10K	39	0,400	11,3	5,5	11,9*	3,88	1,32*	3,35	2,73	–	9,96	–	–
754	–"–	V	10K	39	0,400	13,5	6,5	19,6*	6,42	2,18*	4,45	3,43	–	14,3	–	–
755	–"–	V	10K	39	0,400	14,7	6,5	22,0*	7,19	2,44*	4,50	3,47	–	15,2	–	–
756	–"–	V	10K	39	0,400	16,0	6,5	24,6*	8,05	2,74*	4,20	3,24	–	15,5	–	–

Матвеева и др., 2005; Братилова, 2005 Красноярск: Караульное 56° с.ш., 92°30′ в.д.

757	Культуры	V	10K	15	0,400	1,7	1,6	0,17*	0,055	–	0,025	0,052	–	0,132	–	–
758	То же	V	10K	20	0,395	2,1	2,0	0,34*	0,111	–	0,047	0,095	–	0,253	–	–
759	–"–	V	10K	25	0,390	4,5	3,1	0,92*	0,301	–	0,179	0,292	–	0,772	–	–
760	–"–	V	10K	30	0,380	6,8	4,1	4,13*	1,35	–	0,418	0,502	–	2,27	–	–
761	–"–	V	10K	35	0,370	10,8	5,6	10,8*	3,54	–	1,31	1,28	–	6,13	–	–
762	–"–	V	10K	40	0,360	14,7	7,0	24,9*	8,14	–	3,50	2,89	–	14,53	–	–

Pinus koraiensis

Матвеева и др., 2005; Братилова, 2005 Красноярск: Караульное 56° с.ш., 92° 30′ в.д.

763	Культуры	V	10K	15	0,400	1,6	1,5	0,19*	0,062	–	0,029	0,058	–	0,149	–	–
764	То же	V	10K	20	0,390	1,9	1,8	0,32*	0,104	–	0,039	0,081	–	0,224	–	–
765	–"–	V	10K	25	0,380	3,9	2,6	0,81*	0,264	–	0,103	0,174	–	0,541	–	–
766	–"–	V	10K	30	0,370	5,6	3,4	2,30*	0,752	–	0,235	0,292	–	1,28	–	–
767	–"–	V	10K	35	0,360	8,2	4,8	7,03*	2,30	–	0,880	0,872	–	4,05	–	–
768	–"–	V	10K	40	0,350	10,8	6,1	18,2*	5,96	–	2,57	2,17	–	10,7	–	–

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
	(Н) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК															
	Pinus koraiensis															
	Южная тайга															
Jiang et al., 1999a	Китай, Малый Хинган: пров. Хэйлунцзян													47°13′–48°35′ с.ш., 127°25′–128°27′ в.д.		
769	–		К	–	0,742	28,6	–	376	–	–	–	–	–	–	–	320,2
	Лесостепь															
Li et al., 1981	Сев.-Вост. Китай: пров. Гирин 800 м над ур. м.													42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.		
770	Corylus.	–	3К3Д4Яс	160	0,772	23,6	–	493	203,4	–	23,4	5,11	43,7	275,6	53,0	328,6
	Хвойно-широколиственные леса															
Son et al., 2001	Южная Корея: Таебак													37°06′ с.ш., 128°55′ в.д.		
771	Natural	–	10К	50	0,433	23,2	–	198*	82,0	7,0	25,0	11,0	–	118,0	–	–
Son et al., 2001	Южная Корея: Янгпайонг													37°30′ с.ш., 127°30′ в.д.		
772	Культуры	–	10К	17	1,406	10,2	–	101*	41,8	4,71	9,0	1,5	–	52,3	–	–
773	То же	–	10К	26	1,168	17,3	–	249*	102,9	10,0	30,0	7,1	–	140,0	–	–
774	–"–	–	10К	36	0,805	21,3	–	344*	142,0	12,0	50,0	16,0	–	208,0	–	–
775	–"–	–	10К	46	0,488	32,4	–	429*	177,0	14,0	74,0	29,0	–	280,0	–	–
776	–"–	–	10К	57	0,491	34,3	–	438*	181,0	14,0	78,0	32,0	–	291,0	–	–
777	–"–	–	10К	68	0,484	38,1	–	472*	195,0	15,0	89,0	40,0	–	324,0	–	–
778	–"–	–	10К	74	0,256	44,3	–	439*	181,2	12,7	89,0	47,7	–	317,9	–	–

Электронный архив УГЛТУ

6. *PSEUDOTSUGA MENZIESII*

(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Широколиственные леса

Mitchell et al., 1981				Шотландия: Абердин									57°10′ с.ш., 2°10′ з.д.				
779	Plantation	Ib	10Дг	14	2,833	10,9	–	85,7*	33,6	–	22,1	21,7	–	77,4	–	–
780	То же	Ib	10Дг	18	2,143	11,0	–	64,3*	25,2	–	22,7	19,1	–	67,0	–	–
781	–"–	Ib	10Дг	21	2,275	14,5	–	190,7*	74,8	–	33,7	17,9	–	126,4	–	–
Duvigneaud et al., 1977a, б				Бельгия: Мирварт					340–400 м над ур. м.			50°02′ с.ш., 05°16′ в.д.					
782	Plantation	Ib	10Дг	70	0,217	58,5	36,5	994*	367,0	33,0	29,1	7,7	–	403,8	67,0	470,8
Cabanettes, Rapp, 1978				Франция: Нанси								48° 45′ с.ш., 06° 30′ в.д.					
783	Plantation	Ic	10Дг	24	1,500	19,5	18,8	379	158,0	–	21,0	14,0	–	193,0	–	–
Ranger et al., 1995; Olsthoorn, 1991				Франция: Нанси					650 м над ур. м.			49° с.ш., 06° в.д.					
784	Plantation	Ib	10Дг	20	0,922	18,1	14,3	167	65,5	8,6	16,8	17,4	–	99,7	19,7*	119,4
785	То же	Ib	10Дг	40	0,490	33,3	28,2	584	223,5	28,7	25,0	13,6	–	262,1	57,3*	319,4
786	–"–	Ib	10Дг	60	0,312	52,1	36,3	953	352,0	45,0	49,7	16,1	–	417,8	87,1*	504,9
Granier, 1981				Франция: Нанси					250 м над ур. м.			49° с.ш., 06° в.д.					
787	Plantation	Ib	10Дг	18	2,934	13,2	11,5	151,4	–	–	–	14,1	–	–	–	–
788	То же	Ib	10Дг	27	2,978	14,4	17,4	234,5	–	–	–	13,4	–	–	–	–
789	–"–	Ib	10Дг	27	2,000	17,4	18,2	229,0	–	–	–	14,2	–	–	–	–
790	–"–	Ib	10Дг	27	1,467	19,5	18,6	210,6	–	–	–	13,6	–	–	–	–
791	–"–	Ib	10Дг	27	1,000	23,2	19,4	207,1	–	–	–	14,0	–	–	–	–
Йонов, 1992; Olsthoorn, 1991				Болгария, Стара-Планина: Своге					650 м над ур. м.			45° с.ш., 20°30′ в.д.					
792	Plantation B_2	I	10Дг	16	3,680	9,7	10,3	179*	70,7	5,88	7,51	10,3	–	88,5	20,9*	109,4
793	То же C_2	I	10Дг	20	3,530	10,1	11,6	210*	82,7	6,88	8,78	12,1	–	103,6	23,9*	127,5
794	–"– C_2	I	10Дг	25	3,660	10,8	10,9	218*	85,9	7,13	9,11	12,6	–	107,6	24,7*	132,3

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета	Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
								стволов		ветвей	хвои	нижних ярусов	надзем-ная	корней	всего
								всего	коры						
Bartelink, 1996; Olsthoorn, 1991		Нидерланды: Центральная часть.										52°00′ с.ш., 5°04′ в.д.			
795	Plantation, podzol Ib	10Дг	9	2,133	6,9	5,8*	37*	14,7	1,8*	8,5	9,7	–	32,9	5,5*	38,4
796	То же Ib	10Дг	19	1,296	13,8	11,4*	151*	59,1	7,1*	17,0	13,1	–	89,2	18,1*	107,3
797	–"– Ib	10Дг	29	0,765	20,6	17,7*	252*	96,3	11,5*	13,6	10,0	–	119,9	28,1*	148,0
798	–"– Ib	10Дг	39	0,406	28,5	24,1*	313*	119,8	14,3*	14,6	8,7	–	143,1	33,7*	176,8
Olsthoorn, 1991		Нидерланды: Велюве										52°11′–52°15′ с.ш., 5°41′– 5°46′ в.д.			
799	Plantation, podzol Ib	10Дг	28	0,886	21,3	19,3*	308*	–	–	–	–	–	–	31,2	–
800	То же Ib	10Дг	36	0,992	18,7	18,0*	253*	–	–	–	–	–	–	27,7	–
Hendriks, Bianchi, 1995; Olsthoorn, 1991		Нидерланды: Велюве										52°06′–52°16′ с.ш., 5°41′– 6°00′ в.д.			
801	Plantation, podzol Ib	10Дг	40	0,631	27,0	23,0*	396*	–	–	–	–	–	–	51,7	–
802	То же Ib	8 Дг2Бк	43	0,632	25,0	24,4*	354*	–	–	–	–	–	–	39,5	–
803	–"– Ia	10Дг	60	0,737	31,0	25,0*	645*	–	–	–	–	–	–	39,0	–
804	–"– Ib	7 Дг3Бк	76	0,230	58,6	34,5*	895*	–	–	–	–	–	–	107,2	–
		7. *BETULA*													
		Betula alba													
		(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ													
		Хвойно-широколиственные леса													
Tamm, 1969; Tamm, Carbonnier, 1961		Южная Швеция: Востерботтен					90 м над ур. м.					64°00′ с.ш., 13° в.д.			
805	Культуры II	10Б	26	–	–	8,0	79	38,9	4,7	5,8	2,7	–	47,4	–	–
Бумблаускис, 1996		Литва, Мариямпольский район: заповедник Жувинтас										54°30′ с.ш., 23°10′ в.д.			
806	Пап. II	9Б1С	50	–	20,0	19,6	150	88,3	–	6,97	1,23	1,85*	98,3	18,4	116,7

Электронный архив УГЛТУ

Широколиственные леса

Сидорович, Бусько, 1982; Бусько, 1986 Белоруссия: Осиповичи 53–54° с.ш., 28°00′ в.д.

807	Орл.	Ia	10Б	40	1,010	20,6	22,4	253	–	–	–	–	–	–	–	188,2
808	Орл.	Ia	10Б	40	1,080	16,4	24,2	257	–	–	–	–	–	–	–	189,1

Степь

Усков, 1979 Волгоградская область: р. Медведица 50° с.ш., 43°10′ в.д.

809	Рзт.-тип.	II	6Б4С	33	2,500*	12,0	12,2	171*	90,9	–	22,8	7,98	0,29	122,0	34,5	156,5

(М) ПРИЧЕРНОМОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Сафаров и др., 1979 Азербайджан: Южный макросклон Бол. Кавказа, Закаталы 1000 м над ур. м. 41°30′ с.ш., 46°35′ в.д.

810	–		6Б3Гр1Ол	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	15,9
811	–		6Б3Гр1Ос	46	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25,9
812	–		6Б3Гр1Ол	51	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	39,6

(Н) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

Betula platyphylla

Южная тайга

Xu et al., 1988 Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян 650 м над ур. м. 52°30′ с.ш., 124°30′ в.д.

813	Grass.	III	10Б	100	0,500	20,0	20,0	97,1	49,6	–	12,6	2,78	–	65,0	8,58	73,6

Лесостепь

Li et al., 1981 Сев.-Вост. Китай: пров. Гирин 800 м над ур. м. 42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.

814	Corylus.	–	6Б4Ос	35	1,418	12,3	–	131	63,8	–	13,0	6,0	1,57	84,4	8,36	92,8

Степь

Zhu et al., 1993 Китай: пров. Цинхай 2860 м над ур. м. 37°10′ с.ш., 100°39′ в.д.

815	Natural	IV	10Б	46	0,513	12,3	10,6	32*	15,4	2,65	2,86	0,37	41,4	60,0	7,9	67,9

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета	Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
								стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
								всего	коры						
							Betula ermanii								
							Лесостепь								
Li et al., 1981		Сев.-Вост. Китай: пров. Гирин					1800 м над ур. м.					42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.			
816	Жим. II	10Б	35	0,600	20,0	12,0	164	73,2	–	17,8	1,95	1,36	94,3	36,3	130,6
							8. *POPULUS*								
							***Populus trichocarpa* (*hybrid*)**								
							(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ								
							Широколиственные леса								
Brahim et al., 2000		Север Франции: Редон										47°40′ с.ш., 02° з.д.			
817	–	10Т	7	3,000	8,2	9,5	–	30,3		–	–	–	–	–	–
818	–	10Т	9	2,000	10,2	12,8	–	53,4		–	–	–	–	–	–
819	–	10Т	9	4,000	10,4	14,0	–	110,4		–	–	–	–	–	–
820	–	10Т	7	2,000	13,0	14,9	–	79,8		–	–	–	–	–	–
Raschka, Auer, 1996		Австрия: Мархег					140 м над ур. м.					48°30′ с.ш., 14° в.д.			
821	–	10Т	10	2,02	17,1	14,6	370	–	–	–	–	–	138,7	–	–
822	–	10Т	10	2,02	16,7	14,5	359	–	–	–	–	–	134,6	–	–
823	–	10Т	10	2,02	16,2	14,1	323	–	–	–	–	–	121,0	–	–
824	–	10Т	10	2,02	15,3	14,1	297	–	–	–	–	–	111,4	–	–
825	–	10Т	10	2,02	14,7	13,9	270	–	–	–	–	–	100,4	–	–
826	–	10Т	10	2,02	14,6	13,8	254	–	–	–	–	–	95,4	–	–
827	–	10Т	10	2,02	13,3	13,3	242	–	–	–	–	–	91,0	–	–
828	–	10Т	10	2,02	10,8	11,3	120	–	–	–	–	–	44,9	–	–
829		10Т	10	2,02	8,8	9,0	72	–	–	–	–	–	27,0	–	–
830	–	10Т	10	2,02	8,5	8,4	59	–	–	–	–	–	22,3	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Populus alba

(C) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ

Степь

Усков, 1979				Астраханская область: ур. Тугай-Худук										48° с.ш., 46° в.д.			
831	Костр.-плн.	Vб	8Т1Кл1Б	20	30,00*	0,9*	1,0	3,2	1,49	–	1,24	0,64	8,6	0,47	–	–	

Populus davidiana* + *Betula platyphylla

(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

Хвойно-широколиственные леса

Jiang et al., 1999a				Северо-Восточный Китай: Ляонин										42° с.ш., 128° в.д.			
832	Natural	–	Ос+Б	–	0,807	21,9	–	280	–	–	–	–	–	–	–	–	212,8

9. *ALNUS GLUTINOSA*

(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Хвойно-широколиственные леса

Бумблаускис, 1996				Литва, Устянский район: стационар Давила										54°30′ с.ш., 23°10′ в.д.			
833	Крп.	III	10Ол	40	–	12,0	12,0	140	66,3	–	5,12	0,98	2,04	74,4	12,9	87,3	

Широколиственные леса

Погребняк, Редько, 1972				Украина: Конотоп, левая терраса р. Сейм										51°20′ с.ш., 33°55′ в.д.			
834	Осуш. болото	Iб	10Ол	38	1,391	17,8	19,8	349	181,2	23,2	14,1	4,6	–	199,9	–	–	
Сидорович, Бусько, 1982; Бусько, 1986				Белоруссия: Осиповичи										53–54° с.ш., 28°00′ в.д.			
835	Крп.	Ia	10Ол	45	0,720	23,0	19,4	315	–	–	–	–	–	–	–	206,7	
836	Крп.	Ia	9Ол1Б	40	1,380	15,6	20,8	330	–	–	–	–	–	–	–	215,3	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	A, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
10. *QUERCUS*																
(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																
Quercus robur																
Широколиственные леса																
Vande Walle et al., 2001			Бельгия: Гент						11–21 м над ур. м.				50°58′ с.ш., 3°48′ в.д.			
837	Модер	–	5Д3Бк1Л1Яс	80	0,345	26,1	–	301	157,4	–	85,0	3,6	5,2	251,2	57,0	308,2
Yuste et al., 2005			Бельгия: Антверпен						16 м над ур. м.				51⁰18′ с.ш., 4⁰31′ в.д.			
838	Molinia	II	10Д	67	0,310	24,1	17,2	167*	104,9	–	41,7	4,3	–	150,9	25,4	176,3
Quercus pubescens																
Sindani, Lejoly, 1990			Юг Франции: Альпийская горная провинция						1250 м над ур. м.				Около 44° с.ш., 07° в.д.			
839	Естест.	–	7Д3С	30–50	–	–	6–10	56*	36,8	6,9	18,0	4,44	11,4	70,6	–	–
Quercus ilex																
Средиземноморское побережье (Mediterranian forests)																
Canadell, Roda, 1991			Испания, Барселона: Ла Кастаниа					665 м над ур. м.					41°30′ с.ш., 02°00′ в.д.			
840	–	V	10Д	75	2,010	13,0	10,5	–		–				160,0	63,0	223,0
841	–	III	10Д	25	1,814	10,7	7,0	–		–				79,1	108,0	187,1
Ferres et al., 1980			Испания, Барселона: Ла Кастаниа					660–675 м над ур. м					41°47′ с.ш., 02°21′ в.д.			
842	–		10Д	–	2,009	13,0	7–12	–	154,3			6,1	–	160,4	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Rapp et al., 1992			Франция: 40 км от Средиземного моря					300 м над ур. м.				43°44′ с.ш., 03°35′ в.д.					
843	Red soil	Va	10Д	42	–	–	3,0	–	–	–	–	4,3	–	60,9	–	–	
Leonardi, Rapp, 1982			Италия: Сицилия, Этна (Sicile, Etna)					1400 м над ур. м.				37°40′ с.ш., 15°00′ в.д.					
844	–	V	9Д1Пр	31	10,865	6,7	5,2	154*	100,6	–	43,6	8,11	–	152,3	–	–	
			Quercus coccifera														
			Средиземноморское побережье														
Cañellas, San Miguel, 2000			Испания, Валенсия					360–950 м над ур. м.				39°23′–39°32′ с.ш., 00°43′–01°20′ з.д.					
845	Garrigue	–	10Д	0,6	–	–	0,10	–	–	–	–	1,9*	–	8,9	34,6	43,5	
846	То же	–	10Д	3,2	–	–	0,38	–	–	–	–	3,3*	–	11,0	52,0	63,0	
847	–"–	–	10Д	4,2	–	–	0,50	–	–	–	–	5,3*	–	13,0	51,1	64,1	
848	–"–	–	10Д	4,8	–	–	0,40	–	–	–	–	4,6*	–	13,4	35,1	48,5	
849	–"–	–	10Д	5,0	–	–	1,20	–	–	–	–	5,1*	–	14,8	44,9	59,7	
850	–"–	–	10Д	7,7	–	–	0,60	–	–	–	–	5,1*	–	17,2	76,8	94,0	
851	–"–	–	10Д	11	–	–	0,60	–	–	–	–	4,5*	–	19,4	52,0	71,4	
852	–"–	–	10Д	40	–	–	1,55	–	–	–	–	3,8*	–	31,1	81,3	112,4	
			Quercus robur														
			(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ														
			Широколиственные леса														
Сидорович, Бусько, 1982; Бусько, 1986			Белоруссия: Осиповичи									53–54° с.ш., 28°00′ в.д.					
853	Граб.	I	10Д	50	1,015	19,6	19,8	250	–	–	–	–	–	–	–	391,4	
854	То же	I	7Д2Е1Б	55	0,885	20,0	22,7	245	–	–	–	–	–	–	–	205,6	
Мякушко, 1972			Украина: Сумская область									51° с.ш.., 35° в.д.					
855	Рзт.	II	10Д	80	0,615	22,5	21,3	165*	103,3	14,5	11,4	1,0	0,07	115,8	38,8	154,6	
			Лесостепь														
Смольянов, 1979			Воронежская область: Шипов лес									52° с.ш., 40° в.д.					
856	Культуры	–	10Д	10	–	–	–	7,0*	3,71	0,57	0,93	0,45	–	5,09	–	–	
857	То же	–	10Д	12	–	–	–	8,2*	4,34	0,52	1,21	0,64	–	6,19	–	–	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
858	–"–	–	10Д	17	–	–	–	16*	8,51	1,63	2,34	1,00	–	11,85	–	–
859	–"–	–	10Д	18	–	–	–	23*	12,26	1,79	2,35	1,11	–	15,72	–	–
860	–"–	–	10Д	22	–	–	–	36*	19,07	2,52	7,72	2,02	–	28,81	–	–
861	–"–	–	10Д	27	–	–	–	143*	75,10	9,80	10,5	1,90	–	87,50	–	–
862	–"–	–	10Д	32	–	–	–	228*	120,3	14,6	14,5	4,00	–	138,8	–	–
863	–"–	–	10Д	42	–	–	–	247*	130,3	15,7	16,7	4,30	–	151,3	–	–
Мартыненко, 2004, 2005			Воронежская область: Учебно-опыт. лесхоз ВГЛТА											51°40′ с.ш., 39° в.д.		
864	Поросл. C_2	II	10Д	110	0,564	32,3	24,9	335	193,2	–	29,0	7,78	2,55	232,5	29,0	261,5
865	То же C_2	II	9Д1Яс	85	0,756	28,3	20,6	393	206,2	–	33,3	6,22	0,54	246,3	33,3	279,6
866	–"– C_2	II	10Д	110	0,808	31,5	24,4	368	200,2	–	30,8	6,44	1,07	238,5	30,8	269,3
867	–"– C_2	II	10Д	65	0,776	23,1	19,5	251	138,6	–	27,9	4,89	2,38	173,8	27,9	201,7
868	–"– B_2	IV	8Д2Кл	80	0,920	21,6	17,6	250	130,4	–	22,0	4,00	0,07	156,5	22,0	178,5
869	–"– B_2	III	8Д2Б	85	0,544	25,0	18,0	250	140,7	–	23,0	4,56	3,31	171,6	23,0	194,6
870	–"– B_2	III	9Д1Б	85	0,568	24,0	18,0	240	135,8	–	21,3	4,22	3,22	164,5	21,3	185,8
871	–"– D_2	II	5Д5Лп	60	0,912	20,7	20,7	239	104,4	–	20,8	3,56	0,98	129,7	20,8	150,5
872	–"– D_2	II	8Д2Яс	90	0,888	22,8	22,8	238	122,0	–	20,0	4,00	0,29	146,3	20,0	166,3
873	–"– D_2	II	7Д3Яс	85	0,936	27,5	27,5	304	162,4	–	25,7	5,33	0,83	194,3	25,7	220,0
874	–"– D_2	II	7Д3Яс	105	0,836	25,4	25,4	326	179,0	–	28,6	6,00	0,16	213,8	28,6	242,4
			Quercus iberica													
			(М) ПРИЧЕРНОМОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ													
Твалавадзе, 1979			Восточная Грузия: Предгорье Сагурамо-Ялнойского хребта; с. Марткопи											41°30′ с.ш., 45°30′ в.д.		
875	Естествен.	–	6Д4Гр	23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66,9	20,9	87,8
876	То же	–	6Д4Гр	37	–	–	–	–	–	–	–	–	–	101,0	33,7	134,7

Электронный архив УГЛТУ

Quercus imeretina

Тарасашвили, 1986; Урушадзе, Тарасашвили, 1991 Грузия: Аджаметский заповедник 110 м над ур. м. 42°10′ с.ш., 43° в.д.

877	Пап.	IV	10Д	138	–	32,0	18,0	280*	158,5	17,3	36,0	3,01	–	197,5	34,0	231,5
878	Зверобоев.	III–IV	10Д	133	–	34,0	21,0	299*	168,4	18,3	34,0	1,77	–	204,2	26,1	230,3
879	Зл.-рзт.	IV	10Д	156	–	40,0	20,0	270*	168,3	14,5	29,5	2,61	–	200,4	22,2	222,6
880	Иглицев.	III–IV	10Д	152	–	36,0	21,0	315*	196,1	21,2	32,6	3,27	–	232,0	22,3	254,3
881	Азалиев.	III	10Д	147	–	42,0	21,0	275*	171,1	16,2	28,6	1,98	–	201,7	16,7	218,4
882	Граб.-боярышн.	IV	10Д	142	–	34,0	20,0	164*	102,4	10,0	25,8	2,27	–	130,5	15,3	145,8

Quercus mongolica

(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

Хвойно-широколиственные леса

Jiang et al., 1999a Сев.-Вост. Китай: Ляонин 42° с.ш., 128° в.д.

883	Natural	–	10Д	–	0,736	23,1	–	335	–	–	–	–	–	–	–	311,3

Лесостепь

Li et al., 1981 Сев.-Вост. Китай: пров. Гирин 800 м над ур. м. 42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.

884	Corylus.	–	3Д 3К4Яс	160	0,772	23,6	–	493	203,4	–	23,4	5,11	43,7	275,6	53,0	328,6

Quercus crispula

(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА

Широколиственные леса

Tateno, Takeda, 2003; Tateno et al., 2004 О-в Хонсю, преф. Киото: Оцу 680–720 м над ур. м. 35°18′ с.ш., 135°43′ в.д.

885	Естест., sasa	IV	4Д3Бк1Гр1 Кл1Пр	50*	0,917	18,9	11,5	324	200,0	–	118,0	3,61	–	321,6	53,3	374,9
886	То же	IV	3Д2Бк1 Кл4Пр	50*	2,167	11,2	6,1	140	86,5	–	23,8	3,21	–	113,5	41,9	155,4

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
									11. *FAGUS*							
									Fagus sylvatica							
									(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ							
									Широколиственные леса							
Bartelink, 1997			Нидерланды: Центральная часть											52°00′ с.ш., 5°04′ в.д.		
887	Podzol	II	10Бк	8	7,200	3,1	2,9*	18*	9,96	–	0,64	3,01	–	13,6	–	–
888	То же	II	8Бк1Дг1Б	11	9,920	1,9	3,7*	7,7*	4,37	–	0,29	1,28	–	5,94	–	–
889	–"–	II	7Бк3Д	20	5,200	8,8	7,8*	111*	63,1	–	8,45	3,61	–	75,2	–	–
890	–"–	II	10Бк	22	2,920	9,3	7,3*	113*	63,9	–	9,54	3,08	–	76,5	–	–
891	–"–	I	10Бк	40	0,810	20,3	14,6*	225*	126,9	–	33,4	4,22	–	164,5	–	–
892	–"–	II	10Бк	59	0,360	27,9	19,1*	218*	123,3	–	39,5	3,93	–	166,7	–	–
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Дания: Грибсков							45 м над ур. м.				55°58′ с.ш., 12°15′ в.д.		
893	Oxalidosum	II	10Бк	118	0,400	40,5	26,3	471*	265,9	–	60,4	4,7	–	331,0	73,7	404,7
Devillez et al., 1973			Бельгия: Бельгийские Арденны, пров. Люксембург							595 м над ур. м.				50°20′ с.ш., 5°40′ в.д.		
894	Deschamp.		10Бк	120	0,199	38,0	24,6	225	151,4	–	114,1	3,46	2,0	271,0	71,6	342,6
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Германия: Шахт							850 м над ур. м.				50°04′ с.ш., 11°50′ в.д.		
895	Misched.	III	10Бк	120	0,372	33,6	24,0	394*	222,9	–	45,8	3,5	–	272,2	56,6	328,8
Ebermayer, 1876; Родин, Базилевич, 1965а			Германия: Бавария (Bayern)													
896	–	–	10Бк	120	–	–	–	–	270,0			5,0	–	275,0	95,0	370,0
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Чехия: Йезери							750 м над ур. м.				50°33′ с.ш., 13°28′ в.д.		
897	–	I	10Бк	79	0,568	30,0	24,0	385,0	160,7	–	40,2	3,7	–	204,6	50,8	255,4

Электронный архив УГЛТУ

Ottorini, Le Goff, 1998; Le Goff, Ottorini, 2001			Франция, восточная часть: Гессе							300 м над ур. м.			48°40′ с.ш., 7°05′ в.д.			
898	Mull-loam	I	8Бк1Гр1Б	30	3,500	7,6	13,0	163*	92,1	8,44	14,1	3,27	–	109,5	19,9	129,4
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Франция: Обэр							1000 м над ур. м.			48°12′ с.ш., 7°11′ в.д.			
899	Polystichum	III	10Бк	161	0,352	34,9	22,4	381,8	203,7	14,5	48,3	2,8	–	254,8	55,7	310,5
Sindani, Lejoly, 1990			Юг Франции: Альпийская горная провинция							1450 м над ур. м.			Около 44° с.ш., 07° в.д.			
900	Естест.	–	10Бк	–	–	–	10–20	216*	133,8	12,6	48,1	4,41	24,0	210,3	–	–
Masci et al., 1998; Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Италия: Коллелонго							1560 м над ур. м.			41°52′ с.ш., 13°38′ в.д.			
901	Galium	IV	10Бк	104	0,885	21,2	18,0	291,3	174,2	13,8	31,8	2,8	–	208,8	59,0	267,8
Calamini et al., 1983, 1989			Италия: Пистойские Апеннины (Pian di Novello)							? м над ур. м.			? с.ш., ? в.д.			
902	Galium	II	10Бк	102	0,325	34,0	24,9	488*	275,5	–	42,7	3,28	–	321,5	–	–
903	То же	II	10Бк	102	0,398	–	23,1	485*	274,3	–	42,5	2,70	–	319,5	43,0	362,5
Visonä et al., 1975			Италия: гора Терминилло							? м над ур. м.			? с.ш., ? в.д.			
904	–	IV	10Бк	60	3,590	–	10,3	191*	108,0	–	36,0	3,0	–	147,0	–	–
Santa Regina et al., 1997			Северная Испания: Бургос, Логроньо										42°20′ с.ш., 4°10′ з.д.			
905	Acrisol	I	10Бк	50	0,526	17,0	18,0	178*	100,6	–	29,4	4,16	–	134,2	–	–
Santa Regina, Tarazona, 2001			Северная Испания: Бургос							1100 м над ур. м.			42°20′ с.ш., 4°10′ з.д.			
906	Acrisol	IV	10Бк	100*	0,523	25,0	17,5	260*	146,9	–	45,7	5,07	–	197,7	–	–
Petrusewicz, 1967			Польша: около Кракова							120 м над ур. м.			50°06′ с.ш., 20°01′ в.д.			
907	–	I	10Бк	75	–	–	26,0	338*		244,1		2,9	–	247,0	50,0	297,0
Fagus crenata																
(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА																
Tateno, Takeda, 2003; Tateno et al., 2004			О-в Хонсю, преф. Киото: Оцу							680–720 м над ур. м.			35°18′ с.ш., 135°43′ в.д.			
908	Естест., sasa	IV	5Бк3Д1Гр1Кл	50*	0,617	20,1	10,2	228	140,7	–	88,2	3,02	–	231,9	41,0	272,9

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
909	То же	IV	4Бк2Д1Гр 1Кл2Пр	50*	0,950	15,7	10,2	196	120,8	–	58,9	3,46	–	183,2	38,3	221,5
910	–"–	IV	3Бк3Д2Гр 2Пр	50*	1,233	13,5	8,1	135	83,3	–	28,1	3,19	–	114,6	32,8	147,4
911	–"–	V	2Бк2Кл 1Гр5Пр	50*	1,967	10,2	6,2	91	56,3	–	13,0	3,01	–	72,3	30,7	103,0
912	–"–	V	2Бк1Кл7Пр	50*	2,817	10,0	6,5	115	70,9	–	14,2	2,79	–	87,9	38,8	126,7
			12. TILIA CORDATA													
			(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ													
			Лесостепь													
Мартыненко, 2004, 2005			Воронежская область: Учебно-опыт. лесхоз ВГЛТА											51°40′ с.ш., 39° в.д.		
913	Поросл. D_2	II	5Лп5Д	60	0,912	20,7	20,7	239	104,4	–	20,8	3,56	0,98	129,7	20,8	150,5
			(C) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ													
			Широколиственные леса													
Габделхаков, 2005			Башкирия: Уфа											55° с.ш., 55° в.д.		
914	Культуры, C_2	I	10Лп	36	4,524	11,3	15,0	362	147,6	38,3	22,3	2,75	0,23	172,9	–	–
			(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ													
			Хвойно-широколиственные леса													
Уварова, 2005, 2006			Свердловская область: Ачит											56°40′ с.ш., 57°45′ в.д.		
915	Лип.	III	8Лп2Б	96	0,496	25,9	18,8	250	99,0	22,0	7,84	1,48	–	108,7	–	–
916	То же	III	5Лп2Е2П1Вз	82	1,022	21,9	18,9	385	120,0	25,1	14,3	2,48	–	136,8	–	–

Электронный архив УГЛТУ

917	–"–	III	7Лп2П1Б	44	3,006	12,9	13,7	253	101,9	29,8	12,1	2,36	–	116,4	–	–
918	–"–	III	8Лп1Б1Вз	41	2,314	15,1	14,6	297	127,6	34,5	18,6	3,60	–	149,8	–	–
919	–"–	III	9Лп1П	40	2,147	13,9	13,6	224	88,0	25,5	10,3	2,77	–	101,1	–	–
920	–"–	IV	7Лп2П1Е	44	2,746	13,7	13,9	269	132,2	33,0	16,3	3,47	–	152,0	–	–
921	–"–	III	8Лп1П1Б	56	1,160	20,1	17,3	299	136,5	36,6	19,0	3,76	–	159,3	–	–
922	–"–	III	8Лп1П1Б	49	1,583	16,5	16,2	299	112,7	29,2	10,7	2,89	–	126,3	–	–
923	–"–	III	9Лп1Е	63	1,053	14,1	18,8	340	149,0	33,1	19,7	3,28	–	172,0	–	–
924	–"–	III	8Лп1Е1Вз	66	0,872	22,5	18,1	301	125,9	27,2	13,1	1,36	–	140,4	–	–
925	–"–	III	8Лп1Е1П	73	0,840	22,7	18,6	321	98,9	23,8	4,19	1,15	–	104,2	–	–
926	–"–	IV	7Лп2Е1Б	34	1,819	14,4	11,1	212	65,3	18,5	3,75	1,05	–	70,1	–	–
927	–"–	IV	10Лп	70	1,252	17,7	17,0	297	103,4	22,1	3,97	1,45	–	108,8	–	–
928	–"–	II	8Лп2П	42	1,073	19,5	17,8	358	98,1	27,2	3,00	1,40	–	102,5	–	–
929	–"–	II	10Лп	55	0,969	19,6	15,0	224	70,8	19,5	1,25	0,79	–	72,8	–	–
930	–"–	II	10Лп	35	1,266	16,7	16,5	235	63,8	20,0	1,63	0,57	–	66,0	–	–
931	–"–	II	9Лп1П	43	1,338	18,0	18,4	318	89,8	27,0	1,71	0,78	–	92,3	–	–

13. *CARPINUS*

Carpinus betulus

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Широколиственные леса

Thill, 1983 Бельгия: Рошфор

932	Поросл. Coppice	–	7Гр2Д1Кл	20	15,675	5,0	–	165,3	–	–	–	–	–	116,1	–	–
933	То же	–	6Гр3Д1Кл	40	6,425	7,5	–	180,4	–	–	–	–	–	112,9	–	–

Carpinus laxiflora, C. tschonoskii

(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА

Широколиственные леса

Tateno, Takeda, 2003; Tateno et al., 2004 О-в Хонсю, преф. Киото: Оцу 680–720 м над ур. м. 35°18′ с.ш., 135°43′ в.д.

934	Естест., sasa	IV	3Гр2Бк 2Кл3Пр	50*	1,800	11,7	7,3	121	74,4	–	18,4	3,19	–	96,0	35,9	131,9

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
14. *FRAXINUS*																
Fraxinus exelsior																
(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																
Широколиственные леса																
Vande Walle et al., 2001			Бельгия: Гент										11–21 м над ур. м.		50°58′ с.ш., 3°48′ в.д.	
935	Cambisol (Mull)	–	6Яс2Кл1Д1Л	80	0,403	26,9	–	328	173,8	–	53,8	1,4	9,8	238,8	57,2	296,0
(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																
Степь																
Чопи Л.И., цит. по: Смольянинов, 1969			Донецкая область: Мариуполь												47°10′ с.ш., 37°20′ в.д.	
936	Культ. (чернозем)		9Яс1Д	13	6,638	6,4	9,1	138*	66,6	–	13,8	2,29	–	82,7	–	–
937	То же		7Яс3Д	13	5,184	7,2	8,8	124*	59,5	–	16,9	3,96	–	80,4	–	–
Fraxinus mandshurica																
Лесостепь																
Ding, Sun, 1989			Сев.-Вост. Китай: пров. Хэйлунцзян												45°21′ с.ш., 127°30′ в.д.	
938	Natural	I	10Яс	43	0,620	22,2	16,6	243*	93,1	13,2	36,8	5,88	5,9	141,6	–	–
Li et al., 1981			Сев.-Вост. Китай: пров. Гирин										800 м над ур. м.		42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.	
939	Corylus.	–	4Яс3Д3К	160	0,772	23,6	–	493	203,4	–	23,4	5,11	43,7	275,6	53,0	328,6

Электронный архив УГЛТУ

15. *ACER*

Acer platanoides

(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Хвойно-широколиственные леса

Hytteborn, 1975 Швеция: Андерсби (Andersby) 47°10′ с.ш., 37°20′ в.д.

940	Супесч.	IV	4Кл3Лп3Д	116	0,212	27,1	20,0	107*	49,3	10,4	15,7	1,60	2,9	69,5	7,0	76,5

Степь

Чони Л.И., цит. по: Смольяшинов, 1969 Донецкая область: Мариуполь 47°10′ с.ш., 37°20′ в.д.

941	Культ. (чернозем)		9Кл1Д	13	5,933	6,4	9,9	175*	80,9	–	17,7	3,67	–	102,3	–	–
942	То же		7Кл3Д	13	4,658	6,9	9,3	145*	66,7	–	19,6	3,65	–	90,0	–	–

Acer micrantum, A. sieboldianum, A. japonicum, A. tono, A. amoenum

(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА

Широколиственные леса

Tateno, Takeda, 2003; Tateno et al., 2004 О-в Хонсю, преф. Киото: Оцу 680–720 м над ур. м. 35°18′ с.ш., 135°43′ в.д.

943	Естест., sasa	III	3Кл2Д2Гр 2Бк1Пр	50*	0,817	18,7	11,1	254	156,8	–	84,2	3,22	–	244,2	40,8	285,0
944	То же	IV	2Кл1Бк7Пр	50*	2,433	10,4	6,4	119	73,5	–	20,0	2,98	–	96,5	42,5	139,0

16. *SALIX*

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

***Salix* (hybrid)**

Широколиственные леса

Raschka, Auer, 1996 Австрия: Мархег 140 м над ур. м. 48°30′ с.ш., 14° в.д.

945	–		10Ив	10	2,02	14,7	14,3	226	–	–	–	–	–	95,8	–	–
946	–		10Ив	10	2,02	14,4	14,2	218	–	–	–	–	–	92,8	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета	Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
								стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
								всего	коры						
947	–	10Ив	10	2,02	13,7	13,9	189	–	–	–	–	–	80,2	–	–
948	–	10Ив	10	2,02	13,7	13,9	188	–	–	–	–	–	80,0	–	–
949	–	10Ив	10	2,02	13,5	13,8	186	–	–	–	–	–	79,2	–	–
950	–	10Ив	10	2,02	12,1	13,1	155	–	–	–	–	–	65,8	–	–
951	–	10Ив	10	2,02	12,0	13,0	142	–	–	–	–	–	60,4	–	–
		(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ													
		Лесостепь													
Горобец, 1991, 1992		Воронежская область: ЦЧР											52° с.ш., 39° в.д.		
		Salix viminalis													
952	–	10Ив	5	–	–	–	–	39,8	7,4	7,1	10,6	–	57,5	–	–
		Salix triandra													
953	–	10Ив	5	–	–	–	–	30,0	5,2	6,1	7,3	–	43,4	–	–
		Salix cinerea													
954	–	10Ив	8	–	–	–	–	27,9	5,4	10,2	11,7	–	49,8	–	–
955	–	10Ив	8	–	–	–	–	33,6	6,2	14,3	14,5	–	62,4	–	–
		17. *ROBINIA PSEUDOACACIA*													
		(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ													
		Широколиственные леса													
Костов и др., 1992		Болгария: Бяла Слатина											43°30′ с.ш., 24° в.д.		
956	Культуры –	10Р	24	2,786	11,0	12,7	167,2	103,4	11,8	9,25	2,34	–	115,0	–	–
957	То же –	10Р	24	1,667	12,7	12,6	141,2	89,9	8,2	9,41	1,77	–	101,1	–	–

Электронный архив УГЛТУ

958	–"–	–	7Р3Гл	24	2,650	12,0	14,3	179,3	112,9	12,3	17,5	3,05	–	133,5	–	–
959	–"–	–	8Р2Лп	24	3,703	12,3	14,3	187,0	116,0	14,6	14,9	2,85	–	133,8	–	–
960	–"–	–	10Р	24	1,500	13,9	16,1	151,4	99,4	14,2	11,4	1,88	18,7	131,4	–	–
961	–"–	–	7Р3Кл	24	3,470	11,7	13,8	182,8	117,3	12,8	22,8	2,86	–	143,0	–	–
Benčat, 1988, 1989			Словакия: Ипельский Соколец						170–200 м над ур. м.				48°30′ с.ш., 19°40′ в.д.			
962	Дуб.	–	10Р	8	4,976	6,7	9,72	45,1	23,6	2,85	7,88	1,74	–	33,22	8,93	42,15
963	То же	–	10Р	27	1,100	18,0	19,6	233,6	137,9	15,1	22,7	2,55	–	163,1	34,3	197,4
964	–"–	–	10Р	49	0,248	29,66	29,7	153,8	104.4	11,9	22,3	1,38	–	128,1	19,8	147,9
Benčat, 1990			Словакия, Загорье: Костолисте, Малаки						150–200 м над ур. м.				48°20′ с.ш., 17°10′ в.д.			
965	–"–	–	10Р	29	0,728	21,3	29,0	262,4	154,6	20,3	14,2	2,70	–	171,5	–	–
966	–"–	–	10Р	49	0,472	33,3	29,1	459,5	263,9	33,5	34,7	2,66	–	301,3	–	–
18. *CHOSENIA ARBUTIFOLIA* ((Pall.) A. Scvorts.)																
(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК																
Северная тайга																
Москалюк, 1990			Юг Магаданской обл.: пойма р. Челомджи										62° с.ш., 155° в.д.			
967	Крт.	Iб	10Чоз	4	10,784	3,0**	2,8	4	0	0	2,67	0,35	–	3,02	–	–
968	То же	Iб	10Чоз	8	7,600	5,9	7,6	20	5,46	0,76	8,43	2,88	–	16,8	–	–
969	–"–	Iб	10Чоз	15	3,674	8,2	12,7	124	66,5	7,70	8,10	2,98	–	77,6	–	–
970	–"–	Iб	10Чоз	28	1,041	21,0	21,0	225	90,7	6,45	9,77	2,36	–	102,8	–	–
971	–"–	Iб	10Чоз	44	0,706	24,3	26,0	390	176,0	21,9	15,2	2,99	–	194,2	–	–
19. *ЖЕЛЕЗНОЕ ДЕРЕВО* (*PARROTIA PERSICA*)																
(N) КАВКАЗСКО-МАЛОАЗИАТСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																
Исмиханова, 1979			Азербайджан: Талыш						550 м над ур. м.				38°50′ с.ш., 48°30′ в.д.			
972	Желтозем.	III	10Жд	15	0,912	–	–	21*	17,6			0,9	18,5	–	–	
973	То же	III	10Жд	20	4,850	–	7,0	58*	48,4			0,2	48,6	–	–	
974	–"–	IV	10Жд	30	0,950	–	11,0	43*	36,0			0,5	36,5	–	–	
975	–"–	III	10Жд	40	–	–	22,0	108*	89,8			0,7	90,5	–	–	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета	Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га						
								стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
								всего	коры						
20. *КАШТАН ПОСЕВНОЙ* (*CASTANEA SATIVA*)															
(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ															
Широколиственные леса															
Ford, Newbould, 1970		Англия: Эшфорд (Ashford)					10 м над ур. м.					51°05′ с.ш., 0°55′ в.д.			
976	–	10Кш	1	76,190	–	1,0	–	0,8		0,4	–	1,2	–	–	
977	–	10Кш	2	40,000	0,8	2,5	–	2,5		0,7	–	3,2	–	–	
978	–	10Кш	5	18,000	3,4	5,0	–	10,5		1,9	–	12,4	–	–	
979	–	10Кш	9	14,000	5,8	7,0	–	28,5		3,6	–	32,1	–	–	
21. *ACACIA* (АКАЦИЯ)															
(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА															
Acacia mollissima															
Субтропики															
Ando, Takeuchi, 1973		О-в Сикоку										33°30′ с.ш., 132°30′ в.д.			
980	Plantation	– 10Ак	5	1,155	8,7	7,6	28,0	15,6	–	6,3	2,2	–	24,1	4,8	28,9
981	То же	– 10Ак	5	2,378	7,7	7,7	46,6	23,4	–	6,4	3,2	–	33,0	7,2	40,2
Tadaki et al., 1963; Tadaki, 1965a, 1968a															
982	Plantation	– 10Ак	3	3,450	6,0	6,9	46,5	23,8	2,5	7,0	8,1	–	38,9	4,6	43,5
983	То же	– 10Ак	5	5,100	7,4	9,4	132	72,2	5,6	11,0	9,0	–	92,2	12,5	104,7
984	–"–	– 10Ак	7	3,150	8,5	10,5	119	71,2	6,9	12,7	7,0	–	90,9	12,6	103,5
985	Natural	– 10Ак	4	14,400	4,3	6,5	99	53,8	–	7,8	10,1	–	71,7	9,3	81,0

Электронный архив УГЛТУ

Acacia dealbata

Fujimori, Yamamoto, 1967					О-в Хонсю: Окаяма								35° с.ш., 134° в.д.			
986	Natural	–	10Ак	4	4,000	7,4	6,7	49,1	24,2	–	7,4	4,4	–	36,0	16,2*	52,2
987	То же	–	10Ак	4	4,000	6,5	5,8	34,3	18,0	–	7,9	3,9	–	29,8	12,9*	42,7
988	–"–	–	10Ак	4	2,000	6,1	5,3	13,8	7,0	–	3,6	2,6	–	13,2	5,8*	19,0
Ando, Takeuchi, 1973					О-в Сикоку								33°30′ с.ш., 132°30′ в.д.			
989	Plantation	–	10Ак	5	1,052	9,7	7,8	32,6	13,4	–	7,2	2,9	–	23,5	5,9	29,4
990	То же	–	10Ак	5	2,155	7,0	7,0	37,0	14,0	–	5,7	2,8	–	22,5	5,4	27,9

22. *CASTANOPSIS* (КАСТАНОПСИС)

Castanopsis cuspidata

Kan et al., 1965					О-в Кюсю: преф. Кумамото								32°30′ с.ш., 130°40′ в.д.			
991	Natural	–	10Каш	40	12,500	6,8	10,8	305	159,0	–	32,4	12,4	–	203,8	–	–
992	То же	–	10Каш	40	10,100	7,6	11,6	306	159,3	–	37,5	11,8	–	208,6	–	–
993	–"–	–	10Каш	40	7,400	9,4	11,8	348	181,4	–	46,2	11,3	–	238,9	–	–
994	–"–	–	10Каш	40	7,700	9,0	11,0	300	156,5	–	31,6	9,9	–	198,0	–	–
995	–"–	–	10Каш	–	2,900	13,9	11,8	294	153,0	–	53,0	8,6	–	214,6	–	–
996	–"–	–	10Каш	–	3,100	10,5	10,8	175	91,0	–	16,0	5,1	–	112,1	–	–
997	–"–	–	10Каш	–	3,150	10,4	10,8	177	92,0	–	17,0	5,2	–	114,2	–	–
998	–"–	–	10Каш	12	13,800	4,1	6,2	63	33,0	–	8,4	6,0	–	47,4	–	–
999	–"–	–	10Каш	12	20,900	3,9	6,1	90	47,0	–	11,0	8,4	–	66,4	–	–
1000	–"–	–	10Каш	–	150,00	1,2	0,9	56	29,0	–	9,1	6,4	–	44,5	–	–
Tadaki et al., 1962; Tadaki, 1965б, 1968б					О-в Кюсю: преф. Кумамото					80 м над ур. м.			32°50′ с.ш., 130°40′ в.д.			
1001	Natural	–	10Каш	10	58,000	2,25	4,1	74,0	36,3	–	9,1	11,4	–	56,8	–	–
1002	То же	–	10Каш	10	23,592	2,8	4,4	49,3	22,9	–	6,0	7,0	–	35,9	–	–
1003	–"–	–	10Каш	11	42,000	2,6	5,2	84,6	42,6	–	6,4	7,4	–	56,4	9,8	66,2
1004	–"–	–	10Каш	14	24,667	3,9	5,5	123	58,7	–	13,4	8,4	–	80,5	13,7	94,2

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	A, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
23. *CINNAMOMUM CAMPHORA* (*ЛАВР КАМФОРНЫЙ*)																
Satoo, 1968			О-в Хонсю: преф. Тиба					200 м над ур. м.						35°09′ с.ш., 140°09′ в.д.		
1005	Plantation	–	10Лв	46	1,250	18,2	16,6	324	157,0	–	35,0	4,1	3,4	199,5	–	–
24. *CYCLOBALANOPSIS* (*ЦИКЛОБАЛАНОПСИС, ДУБОВАЯ ПОРОСЛЬ*)																
Cyclobalanopsis myrsinaefolia																
Yasui, Fujie, 1971			О-в Хонсю: Такае					300 м над ур. м.						35°00′ с.ш., 132°00′ в.д.		
1006	Coppice	–	10Ц	8	22,286	3,1	5,0*	56	53,0	–	15,5	7,8	–	76,3	–	–
1007	То же	–	10Ц	15	16,417	4,4	6,5*	111	92,5	–	20,5	7,9	–	120,9	–	–
1008	–"–	–	10Ц	25	12,108	6,5	7,3*	202	131,5	–	36,7	8,8	–	177,0	–	–
Cyclobalanopsis gilva																
Biological production..., 1978			О-в Кюсю: преф. Кагосима					400–637 м над ур. м.						32°10′ с.ш., 130°28′ в.д.		
1009	Natural	–	10Ц	50	7,817	–	25,0	444*	289,3	–	46,0	7,8	–	343,1	83,8	426,9
1010	То же	–	10Ц	50	6,634	–	25,0	489*	316,8	–	53,0	7,8	–	377,6	92,4	470,0
1011	–"–	–	10Ц	50	7,297	–	25,0	445*	289,1	–	57,6	6,8	–	353,5	86,7	440,2
25. *CHAMAECYPARIS OBTUSA* (*КИПАРИСОВИК ТУПОЛИСТНЫЙ*)																
Harada et al., 1969			О-в Хонсю: преф. Тиба					680–760 м над ур. м.						35°00′ с.ш., 138°00′ в.д.		
1012	Plantation	–	10Кп	28	3,483	9,4	5,3	74	32,6	–	8,0	11,7	7,9	60,2	13,6	73,8
1013	То же	–	10Кп	28	2,004	15,5	9,9	189	82,0	–	16,4	17,5	1,4	117,3	27,1	144,4
Saito, 1977			О-в Хонсю: преф. Сига					440 м над ур. м.						35°00′ с.ш., 136°00′ в.д.		
1014	Plantation	–	10Кп	30	3,500	12,9	10,4	268	115,0	–	12,0	14,0	–	141,0	43,0	184,0
1015	То же	–	10Кп	40	1,300	24,3	15,9	507	219,0	–	25,0	19,0	–	263,0	76,0	339,0

Электронный архив УГЛТУ

Ogata et al., 1973			О-в Кюсю											33°00′ с.ш., 131°00′ в.д.			
1016	Plantation	–	10Кп	36	1,141	23,1	12,5	312	160,2	–	13,7	20,7	–	194,6	–	–
1017	То же	–	10Кп	51	1,149	22,8	14,0	343	166,8	–	26,7	16,3	–	209,8	–	–
1018	–"–	–	10Кп	51	1,186	22,0	12,7	304	142,9	–	20,3	15,3	–	178,5	–	–
1019	–"–	–	10Кп	62	1,012	26,5	21,2	554	217,0	–	13,5	15,8	–	246,3	–	–
1020	–"–	–	10Кп	62	2,555	17,8	14,4	467	207,7	–	11,4	14,9	–	234,0	–	–
Takeuchi et al., 1975			О-в Кюсю							350 м над ур. м.			33°00′ с.ш., ? °00′ в.д.			
1021	Plantation	–	10Кп	30	1,951	16,1	14,9	304	141,1	–	14,4	13,3	–	168,8	50,7	219,5
1022	То же	–	10Кп	30	1,776	16,8	15,2	297	137,7	–	14,9	13,7	–	166,3	49,9	216,2
1023	–"–	–	10Кп	30	2,097	15,5	14,7	301	139,2	–	13,8	12,9	–	165,9	49,8	215,7
1024	–"–	–	10Кп	30	2,266	15,2	14,5	313	145,4	–	14,1	13,2	–	172,7	51,9	224,6
Tadaki et al., 1966			О-в Кюсю: преф. Кумамото							750 м над ур. м.			32°30′ с.ш., 130°30′ в.д.			
1025	Plantation	–	10Кп	45	3,400	16,2	16,0	560	229,6	–	12,8	11,9	–	254,3	72,7	327,0
Kawanabe et al., 1975			О-в Хонсю: преф. Нара							1000 м над ур. м.			34°04′ с.ш., 135°30′ в.д.			
1026	Plantation	–	10Кп	45	1,152	20,5	13,7	262	113,1	–	16,2	10,6	–	139,9	–	–
1027	То же	–	10Кп	46	1,152	20,8	13,9	275	118,5	–	17,3	11,2	–	147,0	–	–
1028	–"–	–	10Кп	45	1,040	19,9	13,8	225	96,8	–	13,3	8,9	–	119,0	–	–
1029	–"–	–	10Кп	46	1,040	20,2	14,0	234	100,7	–	14,1	9,4	–	124,2	–	–
Kawahara et al., 1979			О-в Хонсю: преф. Точиги							600–730 м над ур. м.			36°47′ с.ш., 139°56′ в.д.			
1030	Plantation	–	10Кп	17	3,600	11,0	7,8	153	69,3	–	10,8	14,3	–	94,4	31,5*	125,9
1031	То же	–	10Кп	48	1,230	22,6	17,6	488	170,2	–	18,8	15,7	–	204,7	68,2*	272,9
Satoo, 1979a, b, c			О-в Хонсю: Овасе							440–500 м над ур. м.			34°44′ с.ш., 136°12′ в.д.			
1032	Plantation	–	10Кп	40	1,345	19,0	17,3	300	147,3	10,0	13,3	6,7	–	167,3	–	–
1033	То же	–	10Кп	40	1,231	18,8	17,1	241	112,7	7,1	13,2	5,9	–	131,8	–	–
1034	–"–	–	10Кп	38	1,206	19,9	16,7	255	124,8	9,0	16,2	10,2	–	151,2	–	–
Miyamoto et al., 1980			О-в Сикоку: преф. Коти							1250 м над ур. м.			33°30′ с.ш., 133°30′ в.д.			
1035	Plantation	–	10Кп	20	2,600	12,1	8,9	139	55,2	–	7,9	14,5	–	77,6	22,2*	99,8
1036	То же	–	10Кп	20	3,025	11,4	9,0	139	55,6	–	7,5	14,4	–	77,5	22,1*	99,6

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета	Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
								стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
								всего	коры						
1037	–"– –	10Кп	20	3,125	11,3	9,2	139	55,7	–	7,3	14,3	–	77,3	22,1*	99,4
1038	–"– –	10Кп	20	3,244	11,6	9,4	157	62,2	–	8,7	16,3	–	87,2	24,9*	112,1
1039	–"–	10Кп	42	1,338	24,0	15,8	468	188,3	–	18,0	16,2	–	222,5	63,6*	286,1
1040	–"–	10Кп	42	1,375	23,1	16,6	482	178,3	–	17,2	15,4	–	210,9	60,3*	271,2
1041	–"–	10Кп	42	1,463	23,0	16,0	486	189,5	–	17,9	16,2	–	223,6	63,9*	287,5
1042	–"–	10Кп	42	1,488	23,5	15,9	506	200,0	–	18,9	17,1	–	236,0	64,7*	300,7
1043	–"–	10Кп	42	1,613	22,5	14,6	464	199,2	–	18,3	16,8	–	234,3	66,9*	301,2
1044	–"–	10Кп	48	1,325	23,3	17,2	455	190,9	–	32,9	12,1	–	235,9	67,4*	303,3
1045	–"–	10Кп	50	1,434	22,8	17,8	472	179,6	–	20,4	12,8	–	212,8	60,8*	273,6
1046	–"–	10Кп	48	1,600	21,7	17,6	503	208,2	–	25,7	13,3	–	247,2	70,6*	317,8
1047	–"–	10Кп	49	2,854	14,6	11,3	264	144,2	–	26,4	14,7	–	155,3	44,4*	199,7
10408	–"–	10Кп	49	2,470	16,2	13,3	331	140,8	–	20,9	11,7	–	173,4	49,5*	222,9
1049	–"–	10Кп	50	3,192	15,4	13,7	412	171,6	–	22,2	11,4	–	205,2	58,6*	263,8
	26. *CRYPTOMERIA JAPONICA* (КРИПТОМЕРИЯ ЯПОНСКАЯ)														
	Tadaki et al., 1964, 1965	О-в Кюсю: преф. Нагасаки, Оита		100–850 м над ур. м.			32–33°00′ с.ш., 130–131°31′ в.д.								
1050	Plantation –	10Кр	11	10,000	5,9	6,0	98	34,9	–	3,4	18,7	–	57,0	–	–
1051	То же –	10Кр	11	9,500	5,3	5,3	77	27,4	–	2,7	14,7	–	44,8	–	–
1052	–"– –	10Кр	22	6,400	8,8	9,1	220	83,2	–	7,7	18,7	–	109,6	–	–
1053	–"– –	10Кр	22	6,300	8,8	9,4	215	81,6	–	7,6	18,3	–	107,5	–	–
1054	–"– –	10Кр	31	3,600	11,9	10,7	247	93,8	–	12,3	21,8	–	127,9	–	–
1055	–"– –	10Кр	34	1,333	23,8	12,3	380	115,7	–	9,0	16,5	–	141,2	35,3*	176,5
1056	–"– –	10Кр	34	1,952	19,5	11,4	377	110,3	–	14,6	21,1	–	146,0	36,5*	182,5
1057	–"– –	10Кр	34	2,420	18,2	12,9	409	120,3	–	10,4	22,7	–	153,4	38,3*	191,7
1058	–"– –	10Кр	24	2,110	16,8	12,5	266	95,2	–	15,6	25,6	–	136,4	34,1*	170,5
1059	–"– –	10Кр	34	1,239	20,9	14,7	311	88,4	–	14,7	20,0	–	123,1	30,8*	153,9
1060	–"– –	10Кр	49	0,722	29,0	17,3	372	109,0	–	13,3	17,3	–	139,6	34,9*	174,5

Электронный архив УГЛТУ

Yoshioka, Miyagawa, 1965					О-в Кюсю: преф. Нагасаки				200–500 м над ур. м.			33°00′ с.ш., 130°31′ в.д.					
1061	Plantation	–	10Кр	10	4,240	7,8	6,3	83	31,3	–	4,8	11,0	–	47,1	–	–
1062	То же	–	10Кр	10	8,000	6,2	6,4	101	34,5	–	2,2	11,7	–	48,4	–	–
1063	–"–	–	10Кр	11	9,930	5,5	5,4	85	30,6	–	3,0	16,3	–	49,9	–	–
1064	–"–	–	10Кр	18	2,540	12,2	10,1	179	62,0	–	6,4	14,6	–	83,0	–	–
1065	–"–	–	10Кр	21	5,420	8,2	8,0	136	46,6	–	6,5	20,1	–	73,2	–	–
1066	–"–	–	10Кр	22	7,540	8,1	8,4	221	80,7	–	7,7	18,6	–	107,0	–	–
1067	–"–	–	10Кр	28	2,780	13,4	13,9	304	108,3	–	7,8	14,5	–	130,6	–	–
1068	–"–	–	10Кр	31	3,660	11,8	10,7	247	93,8	–	12,3	21,8	–	127,9	–	–
1069	–"–	–	10Кр	34	1,200	18,6	13,1	226	71,6	–	12,4	17,7	–	101,7	–	–
Tadaki et al., 1967; Tadaki, Kawasaki, 1966					О-в Кюсю: Кумамото, Хита				50–300 м над ур. м.			32°50′–33°20′ с.ш., 130°42′–131°00′ в.д.					
1070	Plantation	–	10Кр	28	1,250	23,6	18,5	501	177,5	–	9,8	15,0	–	202,3	50,6*	252,9
1071	То же	–	10Кр	28	1,150	20,2	15,0	285	110,6	–	14,6	17,3	–	142,5	35,7*	178,2
1072	–"–	–	10Кр	5	29,500	4,0	5,0	137	50,7	–	1,8	26,5	–	79,0	18,3	97,3
Harada et al., 1969; Yamada, Shidei, 1968					О-в Хонсю: преф. Тиба				680–700 м над ур. м.			33–35°00′ с.ш., 136–138°00′ в.д.					
1073	Plantation	–	10Кр	28	2,800	11,1	5,8	86	37,0	–	11,7	13,0	8,8	70,5	–	–
1074	То же	–	10Кр	28	1,724	18,2	12,2	245	98,3	–	12,9	17,2	1,2	129,6	30,3	159,9
1075	–"–	–	10Кр	13	40,740	–	4,3	121*	50,4	–	1,2	18,9	–	70,5	14,7	85,2
1076	–"–	–	10Кр	14	4,400	–	8,2	127*	53,0	–	5,6	21,0	–	79,6	18,0	97,6
1077	–"–	–	10Кр	14	5,880	–	8,7	183*	76,4	–	6,5	20,5	–	103,4	20,1	123,5
1078	–"–	–	10Кр	17	2,083	–	11,5	183*	76,4	–	4,5	21,1	–	102,0	29,1	131,1
1079	–"–	–	10Кр	21	2,770	–	9,6	130*	54,3	–	3,6	11,8	–	69,7	21,5	91,2
1080	–"–	–	10Кр	23	1,887	–	13,3	244*	101,5	–	7,1	16,4	–	125,0	33,6	158,6
1081	–"–	–	10Кр	23	2,935	–	9,3	213*	88,6	–	10,9	23,9	–	123,4	33,4	156,8
Ando et al., 1968					О-в Хонсю: преф. Нара							34°10′ с.ш., 136°10′ в.д.					
1082	Plantation	–	10Кр	10	12,019	5,1	5,3	72*	25,9	–	3,5	20,0	–	49,4	–	–
1083	То же	–	10Кр	15	6,865	7,3	7,1	120*	40,6	–	3,2	15,2	–	59,0	–	–
1084	–"–	–	10Кр	19	4,503	10,2	10,5	230*	77,6	–	7,9	22,7	–	108,2	–	–
1085	–"–	–	10Кр	24	3,438	12,9	12,3	317*	106,0	–	8,2	24,0	–	138,2	–	–
1086	–"–	–	10Кр	31	2,557	16,2	14,5	404*	137,5	–	11,6	21,4	–	170,5	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета	Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
								стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
								всего	коры						
1087	–"– –	10Кр	45	1,557	22,3	18,6	658*	201,4	–	13,8	21,9	–	237,1	–	–
1088	–"– –	10Кр	51	1,321	23,9	21,3	689*	220,4	–	15,3	30,4	–	266,1	–	–
1089	–"– –	10Кр	60	0,980	28,0	21,9	746*	238,7	–	13,6	21,7	–	274,0	–	–
1090	–"– –	10Кр	10	3,504	8,3	6,8	68	24,4	–	3,1	18,9	–	46,4	–	–
1091	–"– –	10Кр	15	2,933	11,0	9,5	141	47,9	–	4,7	25,5	–	78,1	–	–
1092	–"– –	10Кр	20	2,650	13,4	11,4	230	77,4	–	7,2	25,7	–	110,3	–	–
1093	–"– –	10Кр	25	2,238	15,1	14,5	319	106,8	–	5,1	23,1	–	135,0	–	–
1094	–"– –	10Кр	29	2,022	16,8	15,5	375	125,8	–	8,7	24,0	–	158,5	–	–
1095	–"– –	10Кр	35	1,754	18,9	18,2	499	181,1	–	11,0	18,1	–	210,2	–	–
1096	–"– –	10Кр	9	2,210	6,3	4,4	24	6,3	–	2,8	10,1	–	19,2	–	–
1097	–"– –	10Кр	16	2,652	11,7	7,8	121	33,8	–	8,1	20,6	–	62,5	–	–
1098	–"– –	10Кр	20	2,378	14,4	11,4	255	72,1	–	8,2	22,9	–	103,2	–	–
1099	–"– –	10Кр	26	1,723	17,2	14,6	342	97,7	–	6,3	18,6	–	122,6	–	–
1100	–"– –	10Кр	29	1,528	20,1	15,8	393	113,5	–	13,6	16,6	–	143,7	–	–
1101	–"– –	10Кр	34	1,189	23,6	17,6	487	143,1	–	13,1	18,3	–	174,5	–	–
1102	–"– –	10Кр	45	0,822	28,3	19,0	490	150,0	–	14,8	23,1	–	187,9	–	–
1103	–"– –	10Кр	53	0,726	30,6	22,1	620	198,3	–	17,6	28,1	–	244,0	–	–
		О-в Кюсю: преф: Миядзаки						50 м над ур. м.			31°40′ с.ш., 131°20′ в.д.				
1104	Plantation –	10Кр	10	1,500	6,0	3,7	12	4,2	–	2,0	6,7	–	12,9	–	–
1105	То же –	10Кр	17	1,541	12,7	7,1	70	24,7	–	7,5	14,1	–	46,3	–	–
1106	–"– –	10Кр	21	0,923	20,4	10,0	151	53,1	–	12,9	20,5	–	86,5	–	–
1107	–"– –	10Кр	25	0,838	23,2	12,7	222	76,6	–	13,6	23,3	–	113,5	–	–
1108	–"– –	10Кр	31	0,673	27,6	14,9	288	97,7	–	12,2	16,8	–	126,7	–	–
1109	–"– –	10Кр	34	0,575	31,6	17,9	376	129,8	–	13,1	17,2	–	160,1	–	–
1110	–"– –	10Кр	39	0,458	36,2	18,2	378	129,7	–	16,0	16,5	–	162,2	–	–
1111	–"– –	10Кр	45	0,435	39,8	20,2	464	159,0	–	18,1	21,4	–	198,5	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Harada et al., 1972			О-в Хонсю: преф. Сидзуока						560–1040 м над ур. м.					35°00′ с.ш., 138°00′ в.д.			
1112	Plantation	–	10Кр	28	1,720	18,2	12,2	260	98,0	–	16,0	11,0	–	125,0	30,0	155,0
1113	То же	–	10Кр	28	2,800	11,1	5,8	70	37,0	–	14,0	14,0	–	65,0	–	–
1114	–"–	–	10Кр	35	2,470	14,5	11,4	280	103,0	–	20,0	12,0	–	135,0	32,0	167,0
1115	–"–	–	10Кр	38	2,050	17,4	14,0	410	155,0	–	18,0	10,0	–	183,0	49,0	232,0
1116	–"–	–	10Кр	38	1,410	22,3	18,3	520	175,0	–	18,0	14,0	–	207,0	45,0	252,0
1117	–"–	–	10Кр	48	0,860	31,2	21,8	600	183,0	–	24,0	17,0	–	224,0	81,0	305,0
1118	–"–	–	10Кр	48	1,100	25,2	18,3	490	152,0	–	20,0	15,0	–	187,0	–	–
1119	–"–	–	10Кр	49	1,310	22,3	12,9	350	115,0	–	28,0	18,0	–	161,0	54,0	215,0
			О-в Хонсю: преф. Саитамо, Ниигата						160–300 м над ур. м.					36–38°00′ с.ш., 139°08′–139°28′ в.д.		
1120	Plantation	–	10Кр	55	2,005	15,9	13,4	320	112,0	–	12,0	16,0	–	140,0	32,0	172,0
1121	То же	–	10Кр	55	2,020	17,8	15,1	420	144,0	–	17,0	22,0	–	183,0	–	–
1122	–"–	–	10Кр	55	0,928	27,0	20,9	520	170,0	–	11,0	15,0	–	196,0	75,0	271,0
1123	–"–	–	10Кр	59	0,837	31,2	21,5	680	240,0	–	24,0	18,0	–	282,0	–	–
1124	–"–	–	10Кр	59	2,680	12,1	7,1	130	73,0	–	28,0	14,0	–	115,0	27,0	142,0
1125	–"–	–	10Кр	59	0,621	37,3	25,8	770	268,0	–	30,0	20,0	–	318,0	–	–
Saito et al, 1972			О-в Хонсю: преф. Ямагути						50 м над ур. м.					34°04′–34°40′ с.ш., 131°48′–136°30′ в.д.		
1126	Plantation	–	10Кр	10	42,600	3,3	5,3	131	60,0	–	1,9	18,5	–	80,4	15,3	95,7
1127	То же	–	10Кр	10	38,900	2,9	5,1	87,8	39,9	–	0,5	16,5	–	56,9	14,1	71,0
1128	–"–	–	10Кр	9	100,00	1,35	3,4	27,7	12,7	–	0,8	7,4	–	20,9	3,2	24,1
Saito, Shidei, 1973; Satoo, 1979d			О-в Хонсю: п-ова Кии и Босо						400 м над ур. м.					34°30′–35°00′с.ш., 136°20′–140°00′ в.д.		
1129	Plantation	–	10Кр	12	6,106	9,2	8,4	180	68,3	–	5,3	19,8	–	93,4	18,1	111,5
1130	То же	–	10Кр	12	5,600	9,6	9,2	186	70,5	–	5,8	20,5	–	96,8	18,7	115,5
1131	–"–	–	10Кр	13	4,800	10,1	9,0	170*	64,1	–	8,6	35,2	–	107,9	–	–
1132	–"–	–	10Кр	13	4,700	10,6	9,2	182*	69,2	–	8,4	30,6	–	108,2	–	–
1133	–"–	–	10Кр	13	3,700	10,7	8,5	152*	57,8	–	6,1	28,5	–	92,4	–	–
1134	–"–	–	10Кр	13	4,300	10,2	8,9	160*	60,7	–	5,3	30,3	–	96,3	–	–
Kawanabe et al., 1975			О-в Хонсю: преф. Нара						900 м над ур. м.					34°24′ с.ш., 136°05′ в.д.		
1135	Plantation	–	10Кр	10	4,400	9,8	7,4	117*	44,6	–	5,0	18,9	–	68,5	15,5	84,0
1136	То же	–	10Кр	11	4,400	10,3	8,2	140*	53,0	–	5,6	20,8	–	79,4	17,6	97,0

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Тип леса или ТУМ, класс бонитета		Состав	*A*, лет	*N*, тыс. экз/га	*D*, см	*H*, м	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га							
									стволов		ветвей	листвы	нижних ярусов	надземная	корней	всего
									всего	коры						
1137	–"–	–	10Кр	12	4,400	11,0	9,0	172*	65,4	–	6,5	23,2	–	95,1	21,2	116,3
1138	–"–	–	10Кр	13	4,200	11,6	9,8	200*	76,1	–	6,7	24,8	–	107,6	23,2	130,8
1139	–"–	–	10Кр	14	4,200	12,0	10,4	213*	81,0	–	6,5	23,5	–	111,0	25,4	136,4
1140	–"–	–	10Кр	15	4,100	12,3	10,6	229*	86,9	–	6,0	21,7	–	114,6	26,5	141,1
1141	–"–	–	10Кр	16	4,100	12,5	11,1	245*	93,1	–	6,2	22,5	–	121,8	27,8	149,6
27. *THUJOPSIS DOLABRATA* (ТУЕВИК ЯПОНСКИЙ)																
Yasui, Narita, 1972			О. Хонсю: юго-западная часть										35°00′ с.ш., 132°00′ в.д.			
1142	Natural	–	10Ту	–	–	–	13,0	147	66,3	–	12,6	14,6	–	93,5	–	–
1143	То же	–	10Ту	–	–	–	15,0	213	95,8	–	27,8	21,6	–	145,2	–	–
1144	–"–	–	10Ту	–	–	–	17,0	293	131,8	–	21,5	24,9	–	178,2	–	–
1145	–"–	–	10Ту	–	–	–	17,0	321	144,6	–	22,3	24,9	–	191,8	–	–
1146	–"–	–	10Ту	–	–	–	18,0	343	154,5	–	19,7	17,0	–	191,2	–	–
1147	–"–	–	10Ту	–	–	–	23,0	291	131,0	–	12,5	11,8	–	155,3	–	–
Satoo et al., 1974			О-в Хонсю: п-ов Ното						150–280 м над ур. м.				37°30′ с.ш., 136°50′ в.д.			
1148	Plantation	–	10Ту	27	5,584	9,8	8,7	261	103,8	–	13,0	30,1	–	146,9	–	–
1149	То же	–	10Ту	25	6,490	9,6	7,4	233	94,3	–	20,2	43,6	–	158,1	–	–
1150	–"–	–	10Ту	38	2,760	16,1	12,2	415	157,3	–	24,1	31,7	–	213,1	–	–
28. *TSUGA* (ТСУГА)																
Tsuga diversifolia																
Kitazawa, 1981 (цит. по: **Reichle, 1981**)			О-в Хонсю: Сигаяма						1790 м над ур. м.				36°40′ с.ш., 138°30′ в.д.			
1151	Natural	–	10Тс	290	1,199	23,7	18,0	320*	139,9	–	51,7	9,9	–	201,5	–	–

Электронный архив УГЛТУ

								Tsuga sieboldii									
Ando et al., 1977				О-в Сикоку: преф. Коти					720 м над ур. м.				33°20′ с.ш., 133°00′ в.д.				
1152	Natural	–	10Tc	443	0,475	43,4	24,0	793	347,1	–	91,8	7,8	140,1	586,8	136,6	723,4	

* Данные получены расчетным путем по другим известным показателям.

** Диаметр у корневой шейки.

[1] Обозначения пород: Ак – акация, Б – береза, Бк – бук, Вз – вяз, Гр – граб, Гл – гледичия, Д – дуб, Дг – дугласия, Др – дрок, Е – ель, Жд – железное дерево, И – ива, Ил – ильм, К – кедр, Каш – каштанопсис, Кл – клен, Кп – кипарисовик, Кр – криптомерия, Кш – каштан, Л – лиственница, Лв – лавр, Лп – липа, Лщ – лещина, Маг – магнолия, Ол – ольха, Ос – осина, П – пихта, Пр – прочие, Рб – рябина, Р – робиния, С – сосна, Т – тополь, Тис – тис, Тс – тсуга, Ту – туевик, Ц – циклобаланопсис, Чоз – чозения, Яс – ясень.

[2] Принятые сокращения названий типов леса и типов условий местопроизрастания (ТУМ):

Азал. – азалиевый; анм. – анемоновый; арк. – арктоусовый; баг. – багульниковый; бад. – бадановый; бер. – березовый; блт. – болотный; брс. – брусничный; брск. – бересклетовый; брст. – берестовый; бук. – буковый; влс. оск. – волосистоосоковый; внк. – вейниковый; вор. – вороничный; врс. – вересковый; вст. – высокотравный; гип. – гипновый; глб. – голубичный; граб. – грабовый; грв. – гравилатовый; грш. – грушанковый; гыр. – гырнецовый; длм. – долгомошный; дуб. – дубовый; ежв. – ежевичный; ел. – еловый; ер. – ерниковый; жим. – жимолостевый; збл. – заболоченный; зл. – злаковый; злм. – зеленомошный; злч. – зеленчуковый; иглиц. – иглицевый; ив. – ивняковый; кас. – касатиковый, кдс. – кедровостланиковый; киз. – кизиловый; кис. – кисличный; кл. – кленовый; коп. – копытневый; костр. – костровый; крн. – коротконожковый; крп. – крапивный; крт. – крупнотравный; ксп. – кассиповый; кул. – культуры; кус. – кустарничковый; лаб. – лабазниковый; лан. – ландышевый; лип – липняковый; лиш. – лишайниковый; лмн. – лимнасовый; лсп. – леспедецевый; луг. – луговиковый; лщ. – лещиновый; лют. – лютиковый; мкт – мелкотравный; мож. – можжевеловый; мпк. – мертвопокровный; мш. – мшистый; овс. – овсяницевый; ож. – ожиковый; орл. – орляковый; олх. – ольховниковый; оск. – осоковый; ост. – остепненный; пап. – папоротниковый; плв. – полевой; плн. – полынный; пойм. – пойменный; рак. – ракитниковый; рдд. – рододендроновый; рзт. – разнотравный; рит. – ритидиевый; ряб. – рябиновый; скм. – скумпиевый; скл. – склоновый; слнц. – солонцовый; сн. – снытевый; сфг. – сфагновый; тав. – таволговый; тлк. – толокнянковый; топ. – топяный; трв. – травяный; трс. – тростниковый; узк.–мтл. – узкомятликовый; хвщ. – хвощóвый; чер. – черничный; шкш. – шикшовый; шрт. – широкотравный; щит. – щитовниковый; яг. – ягодниковый; яс. – ясеневый, ясм. – ясменниковый.

Электронный архив УГЛТУ

29. *HALOXYLON AMMODENDRON* (C.A. MEY) BGE and *H. PERSICUM* BGE. САКСАУЛЫ ЧЕРНЫЙ И БЕЛЫЙ

Таблица 1

Количество абсолютно сухого органического вещества (кг/га) в сообществе редкостойного разновозрастного саксаула черного и осоки вздутой (*Haloxylon ammodendron–Carex physodes*) в долинообразном понижении при уровне грунтовых вод 5–8 м (проективное покрытие 30 %)

Класс возраста	Возраст, лет	Средняя высота, м	Число деревьев в классе на 1 га	Надземная живая фитомасса, кг/га					Отмершие ветви, кг/га	Фитомасса корней, кг/га**					Всего органической массы, кг/га
				стволов	скелета кроны		листвы	итого		всего	в т. ч. по градациям толщины, мм				
					всего	в т. ч. зеленых побегов*					< 0,5	0,5–4,0	4–20	> 20	
Мирошниченко, 1974				Туркмения, пустыня Кара-Кумы, Репетек: Репетекский заповедник											38°30' с.ш., 63°20' в.д.
Haloxylon ammodendron (*C.A. Mey*) Bge															
I	6	0,4	49	0,5	7,2	4,0	0	7,7	0,2	20,9	–	–	–	–	28,8
II	13	0,8	81	14,1	45,2	22,0	0	59,3	12,8	123,8	–	–	–	–	195,9
III	16	1,5	249	155,9	643,1	211,0	0	799,0	78,0	1334,8	–	–	–	–	2211,8
IV	28	2,8	164	1894,0	1948,0	412,0	0	3842,0	359,0	6792,8	–	–	–	–	10 993,8
V	38	3,8	25	844,0	308,0	71,0	0	1152,0	116,0	1257,5	–	–	–	–	2525,5
Итого	28	2,8	568	2908,5	2951,5	720,0	0	5860,0	566,0	9529,8	1170,0	500,0	1280,0	6579,8	15 955,8
Haloxylon persicum Bge															
–	–	–	–	40	130	50	0	170	10	270	–	–	–	–	450
Ephedra strobilacea Bge															
–	–	–	–	210	300	0	240	750	40	840	50	50	140	600	1630
Calligonum setosum Litv.															
–	–	–	–	10	90	0	7	107	40	240	4	6	40	190	387
Calligonum capii medusae Schrenk															
–	–	–	–	77	56	0	12	145	160	220	10	20	20	170	525

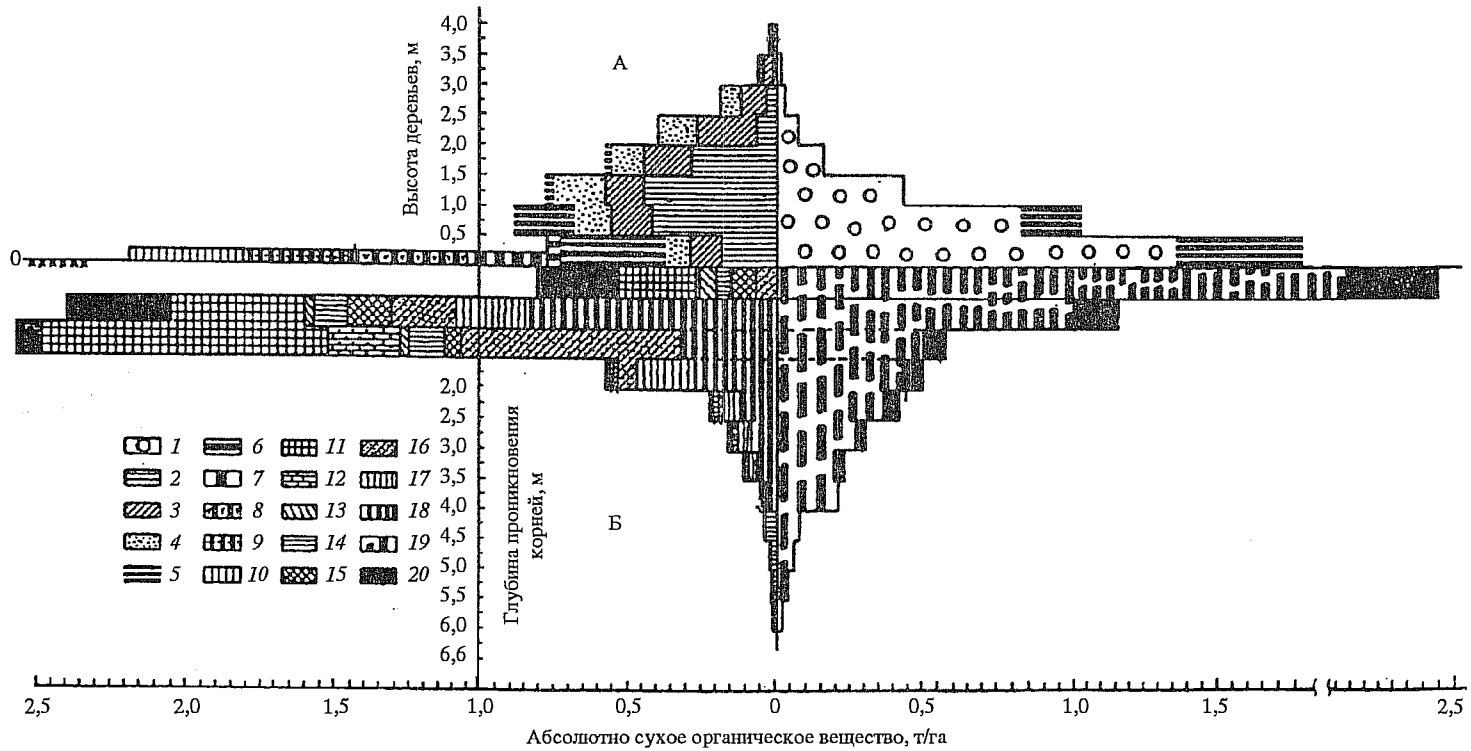
Электронный архив УГЛТУ

Остальные кустарнички															
–	–	–	–	0	30	0	10	40	10	50	–	–	–	–	100
Carex physodes Bieb.															
–	–	–	–	0	0	0	200	200	0	8230	1540	5290	1400	0	8430
Напочвенный покров															
–	–	–	–	0	0	0	40	40	0	44	–	–	–	–	84
Всего по сообществу															
–	–	–	–	3245,5	3557,5	770	509	7312	826	19423,8	–	–	–	–	27561,8
Подстилка и древесный отпад															
															3476

* Зеленые побеги у саксаулов являются ассимиляционными органами, поскольку листва в обычном понимании у них отсутствует.

** Масса корней в таблице определена только до глубины 1,5–2,0 м вследствие осыпания песка в траншее. Полная фитомасса корней у саксаула черного на той же пробной площади определена более тщательно до глубины распространения корней (6 м) и в результате возросла с 9530 кг·га$^{-1}$ (согласно табл. 1) до12 875 кг·га$^{-1}$. Соответственно общая фитомасса сообщества увеличилась на 3345 кг·га$^{-1}$ и составила 22 769 кг·га$^{-1}$. Значения массы корней остальных ярусов остались без изменения (Мирошниченко, 1975). Отношение *подземная фитомасса : надземная фитомасса* для сообщества в целом равно 2,7, однако Л.Е. Родин и Н.И. Базилевич (1965б) приводят для саксаульников значение этого показателя, равное 9,0. Вертикально-фракционное распределение полной надземной и подземной фитомассы сообщества *Haloxylon ammodendron–Carex physodes* показано на рис. Приведенный материал является уникальным для саксаульников, занимающих территорию более 12 млн га в Средней Азии между 32–48° с.ш. и 40–110° в.д.

Электронный архив УГЛТУ



Продуктивность и вертикальное распределение абсолютно сухой надземной и подземной фитомассы (т/га) саксаула черного в ассоциации *Haloxylon ammodendron–Carex physodes* в Восточных Кара-Кумах (Мирошниченко, 1975).

А – надземная фитомасса: *1* – стволы; *2* – ветви ($d > 1$ см); *3* – ветви ($d < 1$ см); *4* – однолетние побеги; *5* – отмершие ветви в кроне; *6* – подстилка и древесный опад по фракциям: *7* – > 5 мм, *8* – 5–3 мм, *9* – 3–1 мм, *10* – < 1 мм. Б – подземная фитомасса: боковые корни по градациям толщины, мм: *11* – < 0,5; *12* – 0,5–1,0; *13* – 1–2; *14* – 2–4; *15* – 4–10; *16* – 10–20; *17* – 20–40; *18* – > 40; *19* – главные корни; *20* – отмершие корни

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 2

Количество абсолютно сухой фитомассы (т/га) в нормальных (при полноте 1,0) древостоях *Haloxylon ammodendron* и *Haloxylon persicum* в зависимости от среднего диаметра крон, средней высоты и суммы проекций крон для трех классов бонитета

Средний диаметр крон, м	Класс бонитета																	
	I						II						III					
	Средняя высота, м	Сумма проекций крон, м²/га	Фитомасса				Средняя высота, м	Сумма проекций крон, м²/га	Фитомасса				Средняя высота, м	Сумма проекций крон, м²/га	Фитомасса			
			Стволы + ветви	Зеленые побеги	Корни	Итого			Стволы + ветви	Зеленые побеги	Корни	Итого			Стволы + ветви	Зеленые побеги	Корни	Итого
Haloxylon ammodendron																		
0,8	1,2	1800	2,61	0,36	4,84	7,81	1,1	1700	2,06	0,40	4,01	6,47	0,9	1400	1,21	0,40	2,62	4,23
1,2	1,5	2200	4,56	0,28	7,89	12,7	1,4	2100	3,84	0,32	6,78	10,9	1,2	1800	2,61	0,36	4,84	7,81
1,6	1,8	2600	6,89	0,16	11,5	18,5	1,6	2300	5,28	0,24	9,00	14,5	1,5	2200	4,56	0,28	7,89	12,7
2,0	2,1	3000	9,74	0,12	16,1	26,0	1,9	2700	7,83	0,16	13,0	21,0	1,7	2500	6,09	0,20	10,2	16,5
2,4	2,4	3400	13,1	0,08	21,5	34,7	2,1	3000	9,74	0,12	16,1	26,0	1,9	2700	7,83	0,16	13,0	21,0
2,8	2,6	3600	15,7	0,04	25,6	41,3	2,3	3200	11,9	0,08	19,6	31,6	2,1	3000	9,74	0,12	16,1	26,0
Haloxylon persicum																		
0,8	1,2	1800	2,31	0,32	4,18	6,81	1,0	1600	1,71	0,33	3,24	5,28	0,9	1500	1,34	0,44	2,83	4,61
1,2	1,6	2300	4,16	0,26	7,03	11,5	1,4	2000	3,21	0,27	5,53	9,01	1,3	1900	2,69	0,37	4,86	7,92
1,6	2,0	2800	6,31	0,15	10,3	16,8	1,7	2500	4,88	0,22	8,11	13,2	1,6	2300	4,16	0,26	7,03	11,5
2,0	2,3	3200	8,64	0,11	13,9	22,7	2,0	2900	6,74	0,14	10,9	17,8	1,8	2700	5,76	0,19	9,46	15,4
2,4	2,6	3700	11,1	0,07	17,8	29,0	2,3	3200	8,64	0,11	13,9	22,6	2,1	3000	7,41	0,15	12,0	19,6
2,8	3,0	4100	13,8	0,04	21,9	35,7	2,6	3600	10,7	0,07	17,2	28,0	2,4	3400	9,24	0,11	14,9	24,3

Примечание. При оценке запасов углерода на обширных пространствах Средней Азии в большей степени применима табл. 2 для фитомассы саксаулов черного и белого, составленная на основе большого экспериментального материала, полученного на территории Южного Казахстана: для *Haloxylan ammodendron* – 75 пробных площадей и 2000 модельных деревьев (Джамбулская область, Муюнкумы), для *Haloxylon persicum* – 75 пробных площадей и 1885 модельных деревьев (Кзыл-Ординская область, Кызыл-Кумы) (Усольцев, 1988; Усольцев и др., 1993). Табл. 2 может быть использована как при наземной таксации саксаульников, так и при аналитико-измерительном дешифрировании крупномасштабных аэрофотоснимков. Показатели надземной фитомассы из табл. 2 были проверены Казахским лесоустроительным предприятием на площади 100 тыс. га в Чиилинском лесхозе Кзыл-Ординской области с использованием обоих методов, при этом табличные значения для полноты 1,0 корректировались на фактическую полноту по сумме проекций крон. Максимальное расхождение результатов по двум методам составило 7 % (Усольцев, 1988). Масса корней в табл. 2 рассчитана по соотношению массы корней и надземной, принятому согласно данным Ю.М. Мирошниченко (1974) и равному 1,63 для *Haloxylon ammodendron* и 1,59 – для *Haloxylon persicum*.

Электронный архив УГЛТУ

База данных о запасах фитомассы и первичной продукции лесообразующих пород Северной Евразии

№ п/п	Условия произрастания	Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
								всего	коры					всего	коры				
1. ЛИСТВЕННИЦА (*LARIX*)																			
Larix decidua																			
(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																			
Широколиственные леса																			
Vyskot, 1982		Чехия: Брно, Бланско									470 м над ур. м.			49°19′ с.ш., 16°40′ в.д.					
1	Ест.	Ia	10Л	36	0,959	14,6	16,4	100	48,7	5,89	4,8	0,96	8,93	–	1,35	–	0,076	0,96	0,247	0,7*
Sindani, Lejoly, 1990		Юг Франции: Альпийская горная провинция									1700 м над ур. м.			Около 44° с.ш., 07° в.д.					
2	–	I	10Л	35	1,179	17,4	12–15	124*	57,6	8,7	29,2	4,51	–	1,6	2,42	0,38	5,59	4,51	–	2,72
Larix sukaczewii																			
(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																			
Средняя тайга																			
Говоренков, 1972		Ленинградская область: Карельский перешеек									50 м над ур. м.			60°30′ с.ш., 30° в.д.					
3	Культуры	Ia	9Л1Е	230	0,275	51,6	40,0	965	427,6	52	37,9	6,52	98,0	6,17	3,11	0,49	1,72	1,61	–	1,38
Южная тайга																			
Уткин и др., 1996		Ярославская область: Рыбинск									105 м над ур. м.			58°06′ с.ш., 38°42′ в.д.					
4	Культуры	Ia	10Л	22	2,45	12,4	12,7	194	98,3	13,0	13,4	3,87	–	–	6,67	0,87	2,37	3,87	–	–
5	То же	Ia	10Л	29	1,99	14,0	15,3	258	129,3	17,1	12,6	3,31	–	–	5,15	0,74	2,2	3,31	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Лесостепь

Уткин и др., 1980			Самарская область: Красный Яр																	53°30' с.ш., 50°20' в.д.	
6	Культуры	I	10Л	21	3,466	8,8	9,3	141	70,6	9	15	6,1	–	–	7,76	0,98	3,4	6,1	–	–

(C) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ

Хвойно-широколиственные леса

Карасева, 2003			Марийская республика: Йошкар-Ола																	56°40′ с.ш., 48°10′ в.д.	
7	Культуры	Ia	10Л	14	6,000	7,8	7,12	74,1	37,2	–	19,9	15,0	26,4	11,0	2,67	–	1,41	15,0	1,87	11,0
8	То же	I	10Л	14	6,000	5,7	6,23	69,6	34,8	–	16,8	12,6	21,6	3,5	2,48	–	1,19	12,6	1,51	3,5

Larix sibirica

(E) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесотундра, плакоры

Усольцев и др., 2004г			Ямало-Ненецкий автономный округ: низовья р. Пур																	67° с.ш., 78° в.д.	
9	Брс.	V	10Л	45	1,740	6,6	7,6	24,2	9,57	1,93	2,56	0,74	–	–	0,68	0,15	0,19	0,74	–	–
10	То же	Va	5Л3К2Е	100	0,677	11,9	9,5	38,0	11,76	4,84	2,82	1,06	–	–	0,11	0,04	0,23	1,06	–	–
11	–"–	Va	8Л2Б	102	0,550	10,9	9,3	25,2	8,02	3,08	1,33	0,33	–	–	0,22	0,09	0,39	0,33	–	–

Лесотундра, пойма

Усольцев и др., 2004г			Ямало-Ненецкий автономный округ: низовья р. Пур																	67° с.ш., 78° в.д.	
12	Злм.	II	10Л	45	1,329	15,0	15,2	200	84,9	12,40	9,09	1,79	–	–	4,01	0,49	1,85	1,79	–	–
13	То же	III	8Л1Е1Б	260	0,944	31,3	23,7	446	168,1	39,80	14,10	2,82	–	–	1,13	0,26	0,54	2,82	–	–
14	–"–	II	5Л4К1Е	350	0,484	24,0	31,5	218	90,70	15,50	9,55	1,29	–	–	1,33	0,27	0,97	1,29	–	–

Larix gmelinii

(F) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПЛОСКОГОРНАЯ ОБЛАСТЬ

Лесотундра

Деева, 1985, 1987			Красноярский край: низовья р. Хантайки																	68° с.ш., 92° в.д.	
15	Олх.-глб.-брс.	V	10Л	155	0,485	19,5	15,3	104	51,2	–	3,06	1,23	20,0	20,4	1,47	–	0,09	1,23	0,58	2,74
16	Брс.-глб.-лищ.	Vв	7Л3Б	155	0,275	8,0	7,0	5,6	3,03	–	0,41	0,10	3,9	11,2	0,12	–	0,02	0,10	0,16	0,95

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Плешиков и др., 2002	Красноярский край: низовья р. Хантайки														68° с.ш., 92° в.д					
17	Кус.-злм.	Va	6Л4Е	300	0,434	23,0	14,0	55,3	24,9	3,8	3,5	1,4	23,9	7,8	0,14	0,02	0,05	0,49	0,90	1,60
18	То же	V	4Л5Е1Б	300	1,137	18,8	12,3	90,4	44,7	7,7	6,6	3,2	38,1	7,0	0,25	0,04	0,11	0,98	0,70	1,30
19	Мш.-блт.	Va	4Л6Е	300	0,667	13,8	9,7	34,2	14,7	3,2	1,8	1,1	12,9	8,7	0,06	0,01	0,02	0,23	0,50	1,70
Северная тайга																				
Плешиков и др., 2002	Красноярский край: низовья р. Нижней Тунгуски														65°30′ с.ш., 90° в.д					
20	Кус.-злм.	V	8Л2К	380	0,401	21,7	14,7	69,3	33,2	3,9	5,2	1,2	36,1	18,9	0,26	0,02	0,11	0,63	2,00	3,50
21	То же	V	6Л2К2Б	110	1,473	12,7	12,3	118,1	58,5	8,1	10,9	2,9	53,3	9,7	0,66	0,07	0,39	2,05	2,80	1,60
22	Кус.-лиш.	Va	8Л1К1Б	110	0,749	10,6	9,1	30,6	15,0	3,0	2,7	0,7	19,6	15,7	0,17	0,03	0,08	0,54	1,30	2,40
23	То же	Va	7Л3К	380	0,322	20,4	12,8	60,2	27,9	3,8	4,9	1,8	28,9	22,2	0,13	0,01	0,12	0,91	0,70	2,90
Средняя тайга																				
Kajimoto et al., 1997	Эвенкия: Тура											160 м над ур. м.			64°19′ с.ш., 100°13′ в.д.					
24	Баг.-арк.- брс.	Vв	10Л	250	1,910	6,83	5,5	33	18,1	–	3,2	1,0	16,7	–	0,26	–	0,06	1,0	0,48	–
(E) ВОСТОЧНО-СИБИРСКАЯ ГОРНО-РАВНИННАЯ ОБЛАСТЬ																				
Средняя тайга																				
Kanazawa et al., 1994	Якутия: Якутск, Спасская Падь											220 м над ур. м.			63° с.ш., 129° в.д.					
25	Natural	V	10Л	169	0,900	19,3	16,9	213	114,9	–	6,43	1,68	108,6	13,7	0,67	–	0,16	1,68	0,23	0,44
(G) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК																				
Южная тайга																				
Feng, Yang, 1985, 1995	Китай: Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган														47° с.ш., 123° в.д.					
26	Рдд.	III	10Л	186	0,792	24,6	24,3	450	177,4	33,4	10,9	1,96	84,1	10,9	2,57	0,47	0,15	1,96	2,15	0,57

Электронный архив УГЛТУ

27	Баг.	V	10Л	175	0,811	17,3	17,4	164	76,3	19	6,96	1,46	81,4	30	2,27	0,56	0,21	1,46	4,04	1,88
28	Сфг.-баг.	Vб	10Л	107	2,934	8,0	8,1	75,1	39,4	6,6	3,02	0,53	23,1	49,1	0,68	0,11	0,05	0,53	0,54	6,52
Wang et al., 2001			Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян: Тахэ									520 м над ур. м.				52°44′ с.ш., 123°50′ в.д.				
29	Led.	Va	10Л	90	0,293	8,3	10,0	6,1*	3,2	–	0,40	0,22	7,67	11,7		0,04		0,09	0,04	–
30	То же	IV	10Л	90	0,386	17,9	19,0	68,4*	31,8	–	4,20	0,11	8,37	39,7		0,62		1,00	0,50	–
31	–"–	III	10Л	110	0,702	14,6	21,0	109,6*	43,2	–	5,80	1,33	13,3	2,3		0,46		1,20	0,50	–
32	Grass.	III	10Л	90	0,489	18,4	21,0	118,3*	46,6	–	6,20	1,33	11,2	11,3		1,08		1,42	0,80	–
33	То же	III	8Л1Б1Ос	110	0,920	13,9	24,0	127,9*	50,4	–	7,60	1,55	19,4	38,8		0,94		1,98	1,00	–
34	Rhod.	III	10Л	90	0,486	18,0	20,0	112,7*	44,4	–	6,00	1,33	41,9	5,2		0,88		1,15	0,66	–
Cheng, Li, 1989			Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян									800 м над ур. м.				50°40′ с.ш., 121°50′ в.д.				
35	–	IV	10Л	26	9,300	4,74	5,9	86,2	15,01	3,84	3,15	1,23	7,67	11,7	1,63	–	0,37	1,87	1,12	0,83
36	–	I	10Л	26	1,328	10,3	9,9	65,3	26,58	5,06	2,82	1,61	8,37	39,7	2,65	–	0,20	2,15	0,85	2,30
37	–	I	10Л	26	2,083	10,2	11,2	99,5	59,19	9,31	4,55	1,96	13,3	2,3	4,29	–	0,16	4,13	0,30	0,14
38	–	IV	10Л	55	2,500	8,7	9,6	79,9	35,07	4,78	4,52	1,98	11,2	11,3	1,25	–	0,45	2,48	0,74	0,75
39	–	I	10Л	55	0,545	20,4	18,6	140	63,83	8,87	6,31	2,14	19,4	38,8	1,91	–	0,23	2,20	1,65	2,18
40	–	I	10Л	56	0,975	18,8	20,8	152	95,00	12,99	12,31	5,08	41,9	5,2	4,74	–	0,21	8,35	0,33	0,14
41	–	V	10Л	75	3,700	7,2	8,9	89,2	40,16	5,74	4,69	2,36	13,8	13,5	0,99	–	0,47	2,96	0,88	0,79
42	–	IV	10Л	94	0,522	16,9	14,9	89,2	52,11	5,79	5,05	1,95	9,70	52,8	0,75	–	0,24	1,41	1,37	2,76
43	–	II	10Л	105	0,739	22,4	21,3	248	110,8	10,72	15,50	4,88	37,1	8,0	2,85	–	0,40	7,70	0,36	0,28
44	–	V	10Л	120	1,368	12,9	12,7	94,2	59,45	8,71	3,03	1,44	20,2	20,2	0,46	–	0,23	1,29	0,45	1,02
45	–	III	10Л	140	0,350	24,6	21,2	141	70,30	8,59	17,44	3,65	11,6	66,8	1,04	–	0,50	1,87	1,69	2,61
46	–	III	10Л	131	0,433	28,6	24,2	285	136,2	11,51	10,90	2,68	34,2	17,2	1,76	–	0,46	4,67	0,27	0,43
47	–	V	10Л	161	1,035	15,7	15,3	116	89,16	10,09	3,72	1,32	24,4	20,7	0,45	–	0,26	1,18	0,67	0,51
48	–	III	10Л	180	0,213	32,5	24,7	164	104,5	7,67	23,76	5,19	24,3	32,9	1,43	–	0,79	4,76	0,35	0,79
Xu et al., 1988			Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян									650 м над ур. м.				52°30′ с.ш., 124°30′ в.д.				
49	Led.-vac.	III	10Л	100	0,400	20,0	21,0	103,6	42,7	–	5,33	1,88	4,68	–	0,79	–	0,058	1,88	0,065	–
								Лесостепь												
Liu et al., 1990			Сев.-Вост. Китай: пров. Хэйлунцзян									350 м над ур. м.				45°27′ с.ш., 127°57′ в.д.				
50	Plant.	Iб	10Л	21	1,450	13,4	13,5	139	97,7	12,5	11,0	3,32	31,2	1,89	6,22	0,08	1,01	3,32	1,92	0,08

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Ding et al., 1990			Сев.-Вост. Китай, пров. Хэйлунцзян: Маоершан					320 м над ур. м.						45°23′ с.ш., 127°32′ в.д.						
51	Plant.	Iб	10Л	24	1,158	17,1	16,4	173,6	111,7	9,14	18,2	4,66	36,6	8,42	4,66	–	0,759	4,67	1,42	5,46
52	То же	Iб	10Л	24	1,300	15,8	15,2	168,9	108,4	8,87	17,5	3,63	35,2	5,53	4,52	–	0,725	3,63	1,38	3,38
53	–"–	Iб	10Л	24	1,358	14,8	14,6	152,9	89,6	7,33	12,9	3,12	27,7	0,95	3,73	–	0,535	3,12	1,14	0,69
54	–"–	Iб	10Л	24	1,475	13,1	14,1	119,0	93,8	7,67	8,66	2,76	29,1	0,11	3,91	–	0,361	2,76	1,20	0,083
Li et al., 1981			Сев.-Вост. Китай, пров. Гирин					900 м над ур. м.						42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.						
55	Lonicer.	II	10Л	160	0,360	37,6	30,0	439	206,7	–	14,2	5,06	23,2	1,91	7,63				1,0	0,87
			Larix Principis-Rupprechtii																	
Zhu et al., 1993			Китай, пров. Цинхай					2810 м над ур. м.						37°10′ с.ш., 100°39′ в.д.						
56	Natur.	–	10Л	16	1,550	11,3	–	44,2	15,7	3,23	10,0	1,01	9,58	26,9	0,98	0,202	0,624	0,063	0,599	–
			Larix sibirica																	
			(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																	
			Южная тайга																	
Ni, 2004			Китайский Алтай, Синьцзян-Уйгурский район					1855 м над ур. м.						47–48° с.ш., 86–89° в.д.						
57	–		Л, Е	156	–	–	–	–	186,3	–	25,4	8,3	71,5	–	1,2	–	0,17	8,0	0,64	–
			Лесостепь																	
Ведрова и др., 2000			Красноярский край: р. Кемчуг											56°13′ с.ш., 92°19′ в.д.						
58	Суглинок	II	10Л	25	4,340	7,5	8,9	123	57,9	8,1	6,5	2,2	16,6	–	3,54	0,70	0,91	2,15	2,17	–

Электронный архив УГЛТУ

L. leptolepis

(L) ЯПОНИЯ

Satoo, 1974			О-в Хоккайдо: подножие г. Асибету										300 м над ур. м.					43°13′ с.ш., 142°23′ в.д.				
59	Культ.	Ia	10Л	21	1,240	15,1	15,3	169	67,5	–	12,1	4,5	–	2,0	6,70	–	3,2	4,5	–	0,3
Satoo, 1970			О-в Хонсю: влк. Ивате, Мориока										360 м над ур. м.					39°45′ с.ш., 141°08′ в.д.				
60	Культ.	Ia	10Л	39	1,155	19,9	19,4	355	145,4	–	15,5	3,59	35,6	7,3	5,80	–	3,26	3,59	2,14	0,88
Hatiya et al., 1966			О-в Хонсю, северная часть																			
61	Культ.	Iб	10Л	13	6,738	7,1	8,4	125	51,7	–	12,4	5,3	19,8	–	8,0	–	4,60	5,3	3,10	–
Satoo, 1966			О-в Хоккайдо																			
62	Культ.	–	10Л	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,89	–	3,66	4,90	2,83	0,16

Larix sibirica

(O) ПАМИРО-ТЯНЬШАНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Ni, 2004			Китайский Тянь-Шань, Синьцзян-Уйгурский район										2107 м над ур. м.					43–44° с.ш., 81–93° в.д.				
63	–		Л, Е	121	–	–	–	–	206,9	–	36,4	20,6	69,9	–	2,8	–	0,50	4,9	0,90	–

2. ЕЛЬ (*PICEA*)

Picea abies

Хвойно-широколиственные леса

Nihlgård, 1972			Южная Швеция: Конгалунд (Kongalund)															55°59′ с.ш., 13°10′ в.д.				
64	Кис.	Ia	10Е	55	0,880	28,4	24,6	802	302,8	24,5	30,1	25,0	65,1	0,01	11,0	0,90	2,11	3,07	2,94	0,01
Zheng et al., 2002			Норвегия, южная часть: Нордмоен										200 м. над ур. м.					60°16′ с.ш., 11°06′ в.д.				
65	Arenozol	IV	10Е	35	2,400	9,2	8,0	69,3*	27,7	4,9*	17,4	13,8	28,3	–	2,18	–	2,52	0,57	1,48	–

Picea sitchensis

Широколиственные леса

Ford, 1982			Шотландия: Моффат (Moffat)										355 м над ур. м.					55°19′ с.ш., 3°33′ з.д.				
66	Plant.	I	10Е	17	3,817	9,4	8,0	110	56,3	–	25,0	26,6	25,0	–	16,4	–	4,30	6,01	8,43	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
								Picea abies												
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000								Дания: Скогаби					95–115 м над ур. м.				56°33′ с.ш., 13°13′ в.д.			
67	Pleuroz.	Ia	10E	31	2,285	14,5	15,0	204,8	85,5	0,85	13,5	14,0	32,6	–	5,2	–	3,9	2,5	7,2	–
								Дания: Клостерхед					27 м над ур. м.				56°29′ с.ш., 8°24′ в.д.			
68		II	10E	76	0,735	22,9	20,0	417*	153,0	15,9*	26,1	15,0	47,5	–	6,0	–	4,5	1,0	5,2	–
Devillez et al., 1973								Бельгия: Бельгийские Арденны					595 м над ур. м.				50°20′ с.ш., 5°40′ в.д.			
69	Св.	Ia	10E	39	1,156	20,5	19,4	282	86,4	–	12,0	22,72	37,8	–	4,51	–	5,06	4,79	2,85	–
Kestemont et al., 1977								Бельгия: Мирварт									50°02′ с.ш., 5°16′ в.д.			
70	Культ.	I	10E	55	1,065	22,3	19,0	449	167,9	11,6	16,9	16,1	70,0	0,20	6,93	0,30	3,93	2,27	4,13	0,10
Droste zu Hülshoff, 1969								Германия: Мюнхен, Эберсбергер					552 м над ур. м.				48°04′ с.ш., 12° в.д.			
71	Pleuroz.	Ia	10E	31	2,285	14,5	15,0	204,8	85,5	0,85	13,5	14,0	32,6	–	5,2	–	3,9	2,5	7,2	–
72	То же	Ia	10E	76	0,802	30,2	27,5	728	268,0	–	28,3	15,9	–	–	5,88	–	3,29	6,34	–	–
Ellenberg et al., 1986; 1971 (цит. по: DeAngelis et al., 1981)								Германия, плато Золлинг					390–505 м над ур. м.				51°49′ с.ш., 9°35′ в.д.			
73	Культ.	I	10E	34	1,490	17,4	16,8	281	105,1	8,41	18,7	18,9	34,6	0,25	4,89	0,39	0,63	2,76	1,59	0,25
74	То же	II	10E	87	0,595	31,0	24,9	530	198,4	15,9	28,2	17,9	71,7	–	5,36	0,43	0,60	2,87	–	–
75	–"–	I	10E	115	0,300	40,0	31,5	547	195,4	15,7	24,6	12,7	74,9	–	4,00	0,32	0,39	2,09	0,85	–
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000								Германия: Вальдштейн					700 м над ур. м.				50°12′ с.ш., 11°53′ в.д.			
76	Descham.	II	10E	142	0,363	36,5	26,7	526,0	193,2	14,4	30,2	16,6	76,5	–	3,3	–	2,3	4,7	3,6	–
Mund et al., 2002								Германия, северо-восток Баварии					680–800 м над ур. м.				50°08′ с.ш., 11°52′ в.д.			
77	Podzol.	I	10E	16	7,250	7,0	6,5	83,4	36,0	5,88	11,7	13,8	10,3	–	4,60	–	1,26	3,67	2,98	–
78	То же	III	10E	35	4,625	9,0	8,0	115,3	54,2	8,16	18,8	20,8	17,8	–	5,54	–	2,18	6,09	5,26	–

Электронный архив УГЛТУ

79	–"–	Ia	10E	43	1,018	24,0	18,3	338,5	130,2	14,7	26,9	27,2	56,4	–	7,82	–	2,94	8,38	8,42	–
80	–"–	I	10E	72	0,486	33,0	25,2	465,3	171,2	15,1	28,6	17,7	74,4	–	4,76	–	2,38	4,87	5,74	–
81	–"–	I	10E	112	0,462	33,0	28,3	605,3	225,0	15,9	31,6	19,5	81,4	–	5,50	–	2,60	6,53	5,96	–
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000							Франция: Обэр							1050 м над ур. м.			48°12′ с.ш., 7°11′ в.д.			
82	Deschamp.	I	10E	92	0,568	40,7	27,9	614,0	234,1	19,1	19,5	9,2	44,5	–	3,0	–	2,2	2,1	1,4	–
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000							Чехия: Нацетин							775 м над ур. м.			50°35′ с.ш., 13°15′ в.д.			
83	Sorbus.	I	10E	58	0,616	28,5	20,7	384,0	117,0	6,90	23,4	13,3	62,0	–	3,6	–	2,7	3,6	3,1	–
Vyskot, 1980, 1981							Чешская возвышенность: гора Йиглава, Свитави							735 м над ур. м.			49°14′ с.ш., 15°22′ в.д.			
84	Оск.	I	10E	25	2,500	11,0	10,2	120	52,5	4,6	17,2	9,50	8,1	0,44	2,19	–	0,149	0,303	0,337	–
85	То же	Ia	10E	52	1,004	21,8	22,1	483	214,4	21,5	17,4	17,0	40,1	–	4,22	–	0,069	0,134	0,789	–
86	–"–	II	10E	68	1,332	19,5	20,7	507	219,4	18,9	33,1	20,9	40,5	0,43	3,13	–	0,192	0,119	0,578	–
Masci et al., 1998; Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000							Италия, Монте ди Меццо: Васто							980 м над ур. м.			41°45′ с.ш., 14°53′ в.д.			
87	Hedera	Ia	10E	38	1,197	20,3	20,9	345,4	131,3	13,6	17,2	16,8	57,7	–	4,5	–	3,6	2,8	5,8	–
Одинак, Борсук, 1977; Голубець и др., 1988							Украинские Карпаты: Бескиды							550–620 м над ур. м.			Около 49° с.ш., 23° в.д.			
88	Кис.	Ia	10E	35	1,375	19,2	21,8	413	163,6	–	15,5	12,9	49,5	0,20	8,11	–	3,10	3,15	3,10	0,12
89	То же	Ia	9E1Бк	70	0,702	27,9	31,5	626	254,8	–	21,3	12,4	57,3	1,14	5,61	–	2,20	3,20	1,63	0,70
(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Средняя тайга																				
Казимиров, Морозова, 1973							Южная Карелия							80–200 м над ур. м.			62° с.ш., 34° в.д.			
90	Чер.	IV	10E	22	34,8	2,1	2,6	31	13,9	–	6,5	5,5	6,2	1,3	1,44	–	0,53	1,53	0,65	0,3
91	То же	IV	10E	37	13,75	6,3	6,8	94	42,3	–	10,6	9,1	14,1	1,5	2,52	–	0,6	2,27	0,9	0,36
92	–"–	IV	10E	45	9,24	8	8,8	135	56,3	–	12,1	9,8	15,8	1,6	2,85	–	0,59	2,41	1,04	0,36
93	–"–	IV	9E1Б	54	4,82	11,1	11,1	162	73	–	14,2	10,9	21,6	2,1	3,12	–	0,57	2,52	1,1	0,43
94	–"–	IV	10E	68	2,336	14,2	14,2	237	106	–	15,1	11,5	29,1	2,2	3,1	–	0,5	2,57	1,16	0,44
95	–"–	III	9E1С	82	1,898	17	17,1	258	116	–	16,8	11,4	33,2	3,2	2,88	–	0,42	2,4	1,04	0,69
96	–"–	III	10E	98	1,319	20,3	19,6	353	158	–	16,5	10,8	41	3,1	2,35	–	0,3	2,16	0,92	0,65
97	–"–	IV	9E1Б	109	1,08	21,1	20	366	165	–	17,6	9,7	45	3,6	1,87	–	0,27	1,95	0,72	0,73

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
98	–"–	III	10E	126	0,856	23,8	22,6	411	184	–	16,6	8,1	46	4,0	1,3	–	0,15	1,64	0,56	0,83
99	–"–	III	10E	138	1,087	22,9	22,8	388	176	–	17,1	7,4	47,5	4,6	0,98	–	0,11	1,46	0,45	0,94
100	Лиш.-кам.	Va	10E	37	9,01	4,3	4,2	35	16,5	–	6,09	5,7	6,61	2,9	1,33	–	0,28	1,26	0,43	0,25
101	Длм.	V	10E	42	9,41	5,4	5,8	46	20,97	–	7,0	6,53	7,98	3,4	1,74	–	0,35	1,59	0,52	0,63
102	Блт.-трв.	Vв	10E	41	9,93	6,6	6,7	57	26	–	8,19	7,53	9,47	2,2	2,05	–	0,42	1,85	0,63	0,78
103	Брс.	V	10E	45	9,62	6,1	6,9	63	29	–	8,68	8,21	10,1	1,7	2,25	–	0,46	2,07	0,7	0,33
104	Чер.	IV	10E	39	9,98	7,2	7,8	107	48,2	–	11,2	10,21	14,6	1,0	3,11	–	0,6	2,58	0,93	0,33
105	Чер.-кис.	III	8E2Б	43	6,31	9,3	9,8	133	58,4	–	11,5	9,5	16,8	0,7	3,58	–	0,65	2,93	1,04	0,25
106	Кис.	II	8E1Б1Ол	38	4,48	11	12,2	154	65,3	–	12,2	9,91	18,3	0,4	3,87	–	0,72	3,2	1,17	0,19
								Южная тайга												
Albrektson, 1980а, б							Швеция: Гарпенберг				300 м над ур. м.				60°55′ с.ш., 14°25′ в.д.					
107	Св.	III	5E5C	145	1,457	17,2	24	360	141,3	–	17,1	8,5	44,1	–	–	–	–	1,12	–	–
								Хвойно-широколиственные леса												
Holmen, 1964							Швеция: Упсала								59°30′ с.ш., 17°40′ в.д.					
108	Сфг.	II	10E	71	0,987	20,8	19,9	312	127,7	–	29,3	15,9	–	–	6,2	–	0,7	2	–	–
Кылли, Кяхрик, 1970							Эстония: Михкли, Каарма								58° с.ш., 25–30° в.д.					
109	Кис.	I	8E1Б1Ол 1Ив	51	1,1	14,3	17,5	240	105,5	10,6	24,6	11,7	45,8	8,09	4,63	–	2,02	3,42	4,49	2,15
110	Змл.-печ.	II	9E1Д	84	0,608	23	23,7	287	130,1	10,1	26,6	13,8	64,6	9,92	3,03	–	2,29	3,1	5,06	3,42
Лыхмус, Оя, 1983							Эстония: Вооремаа								59° с.ш., 26° в.д.					
111	–	Ia	10E	40	1,55	19,4	18,6	451	192	–	21,6	18,6	48,3	–	9	–	2,6	3,1	4,3	–

Электронный архив УГЛТУ

Palumets, 1991							Эстония: Васалемма									58°30′ с.ш., 26°30′ в.д.				
112	Оск.-чер.	Va	5Е3Б2С	91	0,92	12,2	8,9	34	14,3	–	6,1	4,9	13,6	–	0,5	–	0,4	0,9	0,8	–
Frey, Koppel, 1983; Frey, 1977							Эстония: Йыгева									59° с.ш., 26° в.д.				
113	Лещ.	I	10Е	80	0,362	31	26	450	155	–	43	11	63	–	4,12	–	2,94	1,96	10	–
Бумблаускис, 1996							Литва, Мариямполе: заповедник Жувинтас									54°30′ с.ш., 23°10′ в.д.				
114	Чер.	IV	6Е2Ол2Б	60	–	18,0	16,0	200	104,4	–	7,69	2,15	28,9	1,97		6,01		1,25	–	2,54
Япушене, 1975							Литва: Вильнюсский район									54° с.ш., 25°20′ в.д.				
115	Кис.	–	10Е	50	–	–	–	384*	173,9	–	19,9	22,3	79,5	1,0	3,60	–	1,81	3,07	1,88	0,84
Сидорович и др., 1985							Белоруссия: Минский стационар									55° с.ш., 27°35′ в.д.				
116	Мш.	I	10Е	50	0,89	18,7	19,2	256	108,9	–	15,3	18,25	28,9	0,4	5,4	–	2,44	3,97	1,43	1,83
117	То же	I	8Е2С	55	1,324	16,4	21,4	276	140,9	–	15,6	17,75	45	0,8	5,3	–	1,27	3,33	1,86	1,14
Ватковский и др., 1972; Ватковский, 1976							Новгородская обл.: Валдай									58° с.ш., 33° в.д.				
118	Кис.	V	10Е	15	281,0	0,66	0,5	4,5	1,9	0,2	0,6	2,64	1,0	–	0,13	–	0,18	0,74	0,4	–
119	Кис.	III	10Е	30	0,885	6,9	8,1	125	58,7	4,9	20,1	27,9	23,2	0,4	5,06	–	3,77	4,45	3,9	0,35
120	Кис.	Ia	10Е	80	0,415	35,4	29,6	560	198,1	14,1	55,3	18,7	81,9	0,7	5,3	–	3,90	3,0	3,9	0,70
Смирнов, 1971а, б; Семенова, 1975							Московская обл.: Красная Пахра									55°20′ с.ш., 37° в.д.				
121	Кр.-пап.	II	10Е	85	0,594	27,4	22,5	378	161,8	13	30,1	17,1	46,3	1,45	3,36	–	0,53	3,32	0,96	0,2
Абражко, 1973; Алексеев и др., 1973; Алексеев, 1973							Тверская обл.: Нелидово									56°30′ с.ш., 33° в.д.				
122	Чер.-кис.	I	10Е	110	0,678	26,7	26,5	455	168,5	12,6	23,5	12,5	68,1	1,5	2,35	0,15	1,20	1,75	1,15	–
123	Сфг.-чер.	IV	9Е1Б	110	1,235	17,8	19,3	294	126,3	9,8	20,6	11,3	69,1	2,8	1,30	0,10	1,00	1,40	0,95	–
124	Оск.-чер.-сфг.	Va	7Е1С2Б	120	1,237	13,4	13,7	137	78	7,1	12,7	5,4	39,7	5,1	0,45	0,05	0,45	0,70	0,55	–
Ремезов и др., 1959; Родин, Базилевич, 1965а							Тверская обл.: Нелидово									56°30′ с.ш., 33° в.д.				
125	Злм.-кис.	II	9Е1Б	72	1,244	17,9	22,0	415	176,8	–	10,8	9,10	56,6	–		7,2		1,3	0,4	–
126	Слж.	I	10Е	83	0,725	25,9	26,9	427	182,0	–	27,0	15,0	61,5	–		3,3		2,8	1,3	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Головенко и др., 1976, 1981; Герасимова и др., 1980							Новгородская обл.: Валдай												58° с.ш., 33° в.д.	
127	Рзт.-кис.	I	10Е	80	0,675	31,8	27	709	250,9	–	40,7	11,8	75,4	6,8	5,87	–	3,73	3,91	4,27	1,98
128	Кис.	I	10Е	80	0,6	34,3	27,3	741	262,4	–	42,6	12,4	89,2	1,98	5,87	–	3,73	3,91	4,27	0,72
Гульбе и др., 1986							Ярославская обл.: Большесельский район												58° с.ш., 38°30′ в.д.	
129	Кис.	II	10Е	26	4,455	8,9	9,9	140	50,7	5,5	14,4	15,75	–	–	6,74	–	2,75	3,06	–	–
130	То же	I	9Е1Б	27	3,99	11,3	13	268	98,8	9,9	17	16,7	–	–	9,44	–	3,29	3,57	–	–
Уткин, Дылис, 1966							Московская обл.												55°20′ с.ш., 37°10′ в.д.	
131	–	II	10Е	85	0,796	24	23,6	413	176,1	–	24,6	16,7	63,5	–	6,19	–	2,41	3,08	–	0,68
Золотокрылин, Носова, 1974; Дылис, Носова, 1977							Московская обл.: Красная Пахра												55°20′ с.ш., 37°10′ в.д.	
132	Дуб.-влс. оск.	I	8Е2Б	85	0,742	24	22,6	361	204,8	13,3	33,3	27,4	–	0,7	6,19	–	2,99	2,42	–	0,67
133	Лип.-злч. влс.-оск.	II	10Е	89	0,717	26,4	22,4	349	184,7	13	17,6	17,6	–	0,6	3,3	–	2,4	3,5	–	0,57
134	Лещ.	I	10Е	93	0,49	25	27	220	139,8	12,4	15,3	11,4	36,4	3,1	2,34	–	1,98	2,9	–	0,84
Солнцева, Холопова, 2000							Московская обл.: Красная Пахра												55°20′ с.ш., 37°10′ в.д.	
135	Влс.-оск.	Ia	8Е1Ос1Д	27	3,3	8,1	14	134	53,7	5,4	17,8	15,8	–	–	5,83	–	5,94	3,83	–	–
Широколиственные леса																				
Сидорович, Бусько, 1982; Бусько, 1986							Белоруссия: Осиповичи												53–54° с.ш., 28°00′ в.д.	
136	Мш.	I	10Е	48	0,890	18,7	19,2	256	117,3	–	13,2	14,8	32,0	1,2			16,1			–
137	То же	I	9Е1С	45	2,335	16,4	18,0	241			151,5			–			12,8			–
Малиновский, Колищук, 1971							Украинские Карпаты: Ворохта												48°10′ с.ш., 24°45′ в.д.	
138	Мш.-трв.	III	10Е	20	9,54	5,6	6,4	104	38,9	–	7,77	9,83	12,9	0,4	5,7	–	1,6	2,0	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Половніков, 1968, 1970; Голубец, Половников, 1975								Украинские Карпаты:Говерла					800–1400 м над ур. м.				48°10′ с.ш., 24°45′ в.д.			
139	–	III	10E	35	2,763	9,8	9,8	145	53,7	6,7	13,3	13,6	17,3	1,94	4,4	–	1,24	3,2	1,60	–
140	–	II	10E	50	1,825	14,7	14,4	360	143,1	14,5	13,3	15,3	24,2	0,02	3,7	–	0,38	2,9	0,61	–
141	–	II	10E	80	0,835	21,8	19,8	482	193,5	17,3	17,7	13,5	26	1,32	3,11	–	0,31	2,3	0,46	–
142	Чер.	III	10E	120	0,600	33,4	23,4	518	219,1	20,7	31,6	12,2	44,4	0,69	2,75	–	0,44	2,7	0,52	–
143	То же	IV	10E	120	0,943	25,4	19,8	440	187,6	18,9	40,8	15,9	50,9	4,18	4,2	–	0,8	2,6	–	–
144	Чер-сфг.	IV	10E	120	1,227	21	19	355	153,4	17,4	28,5	18	51,8	4,01	3,0	–	0,62	2,8	–	–
145	–	I	10E	65	0,801	20,8	23,3	525	199,3	–	16,2	11,9	22,7	–	6,8	–	0,59	2,8	–	–
146	–	Ia	10E	65	0,534	24	24,9	486	187	–	15,5	8,7	16,1	–	5,34	–	0,48	2,2	–	–
147	–	Ia	10E	65	0,461	24,3	25,3	431	167,9	–	17,7	8,7	14,3	–	4,8	–	0,55	1,97	–	–
148	–	Ia	10E	55	0,796	22,3	23,8	617	221,3	–	20,7	13,1	23,6	–	5,7	–	0,54	1,93	–	–
149	–	III	10E	50	1,634	15	12,2	265	99,6	–	29,7	20,2	34,9	–	5,2	–	0,44	2,1	–	–
150	–	I	10E	50	1,503	16,8	16,6	406	145,2	–	14,9	13,1	15,5	–	6,5	–	0,67	2,6	–	–
Пастернак, Чернявский, 1977								Украинские Карпаты: Надворная					1100 м над ур. м.				48°45′ с.ш., 24°30′ в.д.			
151	Сурамень	I	9E1Б	20	16,73	5,9	7,4	153	53,2	6,3	10,1	10,5	30,1	0,8	4,79	–	0,73	0,99	3,31	–
152	То же	I	7E1П2Бк	20	16,52	6,1	6,5	127	43,1	7,5	10,6	8,4	38,6	1,7	4,03	–	0,86	0,86	3,7	–
153	–"–	I	2E4П4Бк	20	28,89	3,3	3,9	92	40,5	28,3	6,1	5,8	21,1	0,2	4,03	–	0,43	0,52	3,09	–
154	–"–	Ia	4E4Бк2Яв	22	9,897	13,1	10,4	132	75,3	7,83	20,3	7,48	48,3	0,4	7,68	–	1,22	0,62	5,79	–
(С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ																				
Северная тайга																				
Марченко, Карлов, 1962								Архангельская обл.: п. Пеша									66°30′ с.ш., 48° в.д.			
155	Злм.	Vб	8E2Б	210	0,322	27,0	9,0	180	81,1	5,1	11,1	2,05	29,2	7,0	0,44	0,03	0,10	0,22	0,90	2,03
Чепурко, 1971, 1972; Манаков, Никонов, 1979								Хибины: р. Юкспориок									68°30′ с.ш., 34° в.д.			
156	Чер.	Va	9E1Б	140	0,615	23,3	12,2	173	77,9	–	22,8	6,80	28,4	12,6	1,45	–	0,42	1,4	0,94	1,21
157	Злм.	Va	8E2Б	100	1,158	19	11	165	82,4	–	14,5	6,65	24,7	9,7	1,52	–	0,27	2,23	0,82	1,04
158	Трв.	Va	8E2Б	190	0,716	31	13,6	248	106,5	–	30	8,36	37,2	6,53	1,55	–	0,43	3,36	1,25	2,16
Манаков, Никонов, 1979, 1981								Мурманская обл.: Апатиты, Умбозеро									67°–68° с.ш., 33°–37° в.д.			
159	Вор.-чер.	Va	8E2Б	150	1,195	12,4	9,5	83	37,3	–	4,99	3,29	10,6	17,1	0,28	–	0,46	0,53	0,31	1,66
160	Брс.-чер.	Va	7E2Б1С	110	0,668	14,9	10,9	64	28,9	–	5,32	2,8	11,3	4	0,28	–	0,32	1,05	–	0,33

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания	Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
								всего	коры					всего	коры				
161	Чер.	Va	9Е1Б	150	1,052	15	12,7	117	52,9	–	8,55	5,35	20,6	12,4	0,38	–	0,53	0,56	0,51	0,51
162	Кус.	Va	5Е5Б	130	1,43	13,2	10,6	111	50,1	–	6,93	3,81	19,1	4,7	0,31	–	0,33	1,14	–	0,26
163	Чер.	V	8Е2Б	150	1,28	15,1	15	115	51,9	–	11,4	4,93	20,1	7,1	0,41	–	0,47	1,38	–	0,25
164	Трв.-чер.	V	8Е2Б	150	0,983	17,9	15,7	208	93,7	–	12,7	6,82	33,1	8,7	0,66	–	0,95	0,67	0,79	1,19
165	Чер.	Va	9Е1Б	150	1,194	16,3	12,1	155	69,6	–	11	6,19	26,1	6,7	0,43	–	0,69	1,19	–	0,55
166	Трв.	V	7Е3Б	170	1,639	16,2	14,1	238	107,2	–	17,6	9,04	33,7	1,3	0,6	–	1,1	1,74	–	0,47
167	Оск.-кус.-сфг.	Vб	10Е	150	0,513	9	6,2	16	7,37	–	1,17	0,85	4,92	15,4	0,05	–	0,06	0,08	0,11	2,01
Лукина, Никонов, 1991						Мурманская обл.: Умбозеро											67°30′ с.ш., 35° в.д.			
168	Злм.-кус.	Vб	8Е2Б	160	1,293	13,7	8,1	90,4	39,3	1,41	8,57	4,47	12,5	–	0,27	0,01	0,33	0,51	0,32	–
169	То же	Vб	8Е2Б	160	1,11	16,4	9,2	105,2	28,7	1,05	5,4	3,65	9,01	–	0,14	0,01	0,28	0,45	0,21	–
170	–"–	Va	9Е1Б	160	0,48	19,1	11,7	147,9	31,3	1,07	5,38	2,38	9,34	–	0,10	0,01	0,26	0,50	0,21	–
Havas, Kubin, 1983						Сев. Финляндия: Оуланка					270 м над ур. м.						66°22′ с.ш., 29°15′ в.д.			
171	Чер.	V	9Е1Б	250	0,55	21,5	16	125	67,3	10,7	17,1	6,6	37,5	5,5	0,2	–	1,2	1,2	–	–
Вакуров, Полякова, 1982						Архангельская обл.: Онега											63°30′ с.ш., 38°40′ в.д.			
172	Длм.-сфг.	Va	6Е2С2Б	150	1,33	12,5	11,5	168	76,8	7,8	11,6	4,75	21	8,3	0,57	–	0,39	0,95	0,17	3,14
173	Хвщ.-сфг.	Va	8Е2Б	200	0,98	13,5	11,3	135	62,5	6	8,86	3,49	17,2	6,5	0,37	–	0,34	0,69	0,13	3,25
174	Оск.-сфг.	Vб	9Е1Б	170	0,91	11,6	9,5	64	29,9	3,4	4,6	2,18	8,31	3,5	0,25	–	0,23	0,43	0,08	1,68
175	Вст.-сфг.	Vб	9Е1Б	170	0,71	11,4	8,8	48	22,8	2,6	3,4	1,63	6,37	4	0,18	–	0,17	0,35	0,06	1,96
Рудиева и др., 1966						Архангельская обл.: р. Мезень, п. Койнас											64°10′ с.ш., 47°40′ в.д.			
176	Злм.	IV	10Е	125	1,056	22,5	15	217	97,8	–	23,1	7,28	40,7	3,8	0,78	–	1,33	1,73	0,28	0,8
Забоева и др., 1973, Арчегова и др., 1975						Коми: Сыктывкар											62° с.ш., 51° в.д.			
177	Злм.	IV	8Е2Б	110	2,45	15	13,5	227	101,4	15,7	26,9	15,12	81,2	6,4	0,98	0,18	0,79	2,83	0,99	0,58

Электронный архив УГЛТУ

Средняя тайга

Бобкова, 2001						Коми, Княжпогостский район: Ляльский стационар										62°17′ с.ш., 50°40′ в.д.				
178	Чер.	IV	4Е3С2Ос1Б	95	1,849	15,5	16,5	293,0	121,8	11,24	19,15	12,72	38,4	1,52	3,22	0,27	1,19	3,93	1,74	0,53
179	То же	IV	8Е1П1Б	115	0,966	23,5	19,0	314,0	133,6	13,07	18,88	15,56	38,4	1,84	2,43	0,22	1,14	2,37	1,44	0,71
Бобкова, Тужилкина, 2006б						Коми: Чернамский стационар										62°00′ с.ш., 50°20′ в.д.				
180	Чер.св.	–	8Е2Б	80–200	1,373	17,6	16,0	277	114,5	11,8	22,5	13,9	40,1	2,81		7,22				0,60
181	Чер.св.	–	7Е2Б1С	70–210	1,465	16,5	14,5	266	106,4	13,0	18,7	13,9	39,2	3,58		6,77				0,67
Паршевников, 1962; Родин, Базилевич, 1965а						Вологодская обл.: Харовск										60° с.ш., 40°30′ в.д.				
182	Трв.-злм.	III	4Е5Б1Ол	35	2,307	11,7	12,2	194	86,8	–	14,4	8,07	31,2	1,93	3,85	–	0,53	–	1,38	1,91
183	То же	IV	9Е1Б	130	1,226	16,9	17,6	235	104,9	–	14,0	11,35	64,6	2,02	1,63	–	2,36	2,21	1,02	1,38
184	Чер.	IV	7Е2Ос1Б	110	0,971	19,5	19,2	357	159,8	–	22,5	14,36	76,2	0,98	2,12	–	2,57	3,28	0,94	0,49
Марченко, Карлов, 1962						Архангельская обл.: Шенкурск										62° с.ш., 43°30′ в.д.				
185	Злм.	I	10Е	200	0,700	38,0	31,0	450	201,0	13,4	33,6	16,30	85,1	4,8	2,60	0,15	0,60	3,30	1,40	0,75

P. obovata

(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесотундра

Игнатенко и др., 1973б						Коми: водоразделы правых притоков р. Усы										67° с.ш., 57° в.д.				
186	Сфг.-вор.-оск.	Va	10Е	100*	0,300*	19	11	50	24,7	–	4,25	0,95	33,9	12,8	0,51	–	0,1	0,49	1,57	2,12

Северная тайга

Забоева и др., 1973						Коми: Усть-Цильма										66° с.ш., 53° в.д.				
187	Злм.	IV	7Е3Б	150	0,887	11	13	131	59,2	–	11,3	9,52	35,2	5,51	0,45	–	0,078	1,23	0,19	1,83
Бобкова и др., 2006а, б						Коми: Печора, Зеленый бор										64°30′ с.ш., 55°30′ в.д.				
188	Чер. вл.	Va	6Е3Л1Б	120	1,882	12,1	12,5	214	63,6	10,7	14,0	10,4	28,8	12,0	0,92	0,11	0,28	1,80	0,76	3,49
189	Чер. св.	Va	5Е3Л1Б1Ос	120	2,083	12,0	12,5	223	101,8	14,1	19,1	11,7	35,3	13,2	1,23	0,15	0,33	2,50	1,01	3,11

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
								Средняя и южная тайга												
Шадрина, 1968			Свердловская обл.: Тавда-Куминское междуречье																	59°40′ с.ш., 62°30′ в.д.
190	Злм.-хвщ.	IV	7Е2Б1К	119	1,26	21	18	254	117,6	–	19,4*	15,8*	–	0,62	0,82	–	0,27	0,35	–	0,51
Усольцев и др., 2004б			Свердловская обл.: Билимбаевский лесхоз																	57° с.ш., 59°35′ в.д.
191	Культ.	IV	10Е	20	3,884	5,2	4,45	25,7	7,87	1,00	4,61	6,65	5,85	–	1,35	0,172	0,535	1,984	1,19	–
192	То же	IV	10Е	20	2,248	4,0	4,05	6,2	3,00	0,34	1,57	1,98	1,17	–	0,44	0,050	0,184	0,473	0,196	–
193	–"–	IV	10Е	20	4,351	5,0	4,3	23,3	10,23	1,40	8,88	13,14	6,79	–	1,45	0,198	1,118	3,913	1,37	–
194	–"–	IV	10Е	20	3,277	3,9	3,55	10,2	3,23	0,51	1,92	2,63	1,57	–	0,48	0,075	0,232	0,681	0,281	–
195	–"–	IV	10Е	19	4,266	4,5	3,70	19,1	9,83	1,54	7,91	9,49	5,65	–	1,64	0,256	0,932	3,358	1,23	–
196	–"–	IV	10Е	19	3,776	4,0	4,05	14,3	5,24	0,60	2,80	5,32	2,70	–	0,7	0,080	0,209	1,549	0,497	–
197	–"–	IV	10Е	20	4,885	5,1	4,1	29,2	14,66	1,76	9,58	11,81	6,17	–	2,42	0,291	0,959	3,568	1,19	–
198	–"–	IV	10Е	20	2,082	3,7	3,5	15,7	3,88	0,54	3,09	4,57	1,84	–	0,64	0,089	0,374	1,142	0,345	–
199	–"–	IV	10Е	19	4,786	4,5	4,0	16,2	10,67	2,48	5,93	11,36	5,74	–	1,59	0,369	0,732	3,44	1,18	–
200	–"–	IV	10Е	19	3,044	4,4	3,9	12,4	5,32	0,67	3,33	5,47	2,46	–	0,76	0,096	0,423	1,407	0,452	–
201	–"–	IV	10Е	20	2,915	5,2	4,4	18,5	9,58	0,99	4,90	6,65	2,93	–	1,32	0,136	0,534	1,993	0,533	–
202	–"–	III	10Е	20	2,667	4,7	4,8	19,5	5,21	0,63	3,47	4,32	2,59	–	0,84	0,101	0,404	1,296	0,504	–
203	–"–	IV	10Е	20	2,253	3,2	3,0	3,3	0,96	0,13	0,87	0,96	0,48	–	0,18	0,024	0,115	0,284	0,099	–
204	–"–	IV	10Е	20	2,662	4,5	4,04	11,4	4,96	0,64	3,63	5,00	3,48	–	0,9	0,117	0,478	1,542	0,747	–
205	–"–	V	10Е	20	2,378	2,9	2,2	2,1	0,74	0,10	0,41	0,67	0,39	–	0,13	0,017	0,054	0,234	0,088	–
206	–"–	IV	10Е	20	2,060	3,6	3,5	3,6	1,51	0,19	1,19	1,42	1,01	–	0,25	0,031	0,164	0,393	0,197	–
207	–"–	V	10Е	20	2,149	2,5	2,5	1,2	0,74	0,12	0,67	0,71	0,44	–	0,093	0,015	0,083	0,155	0,069	–
								(F) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПЛОСКОГОРНАЯ ОБЛАСТЬ											
								Лесотундра												
Плешиков и др., 2002			Красноярский край: низовья р. Хантайки																	68° с.ш., 92° в.д
208	Кус.-злм.	Va	4Е6Л	300	0,434	23,0	14,0	55,3	24,9	3,8	3,5	1,4	23,9	7,8	0,14	0,02	0,05	0,49	0,90	1,60
209	То же	V	5Е 4Л1Б	300	1,137	18,8	12,3	90,4	44,7	7,7	6,6	3,2	38,1	7,0	0,25	0,04	0,11	0,98	0,70	1,30
210	Мш.-блт.	Va	6Е4Л	300	0,667	13,8	9,7	34,2	14,7	3,2	1,8	1,1	12,9	8,7	0,06	0,01	0,02	0,23	0,50	1,70

Электронный архив УГЛТУ

(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесостепь

Ведрова и др., 2000		Красноярский край: р. Кемчуг														56°13′ с.ш., 92°19′ в.д.				
211	Суглин.	IV	10E	25	14,00	4,4	5,3	119	42,2	5,8	11,5	5,2	14,5	–	2,27	–	0,73	1,29	1,31	–

Picea koraiensis

(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

Степь

Chen B., Chen C., 1980		Китай, пров. Хэбэй										1300 м над ур. м.				43°31′ с.ш., 117°13′ в.д.				
212	Artemis.	Va	10E	90	0,765	17,2	11,0	91,4	45,1	–	16,9	7,83	27,4	12,1	0,46	–	0,181	0,091	0,284	–

Picea ajanensis

Лесостепь

Li et al., 1981		Сев.-Вост. Китай, пров. Гирин										1400 м над ур. м.				42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.				
213	Ряб.		9E1П	150	1,304	29,0	–	512	171,7	–	33,0	17,2	44,2	20,8		9,06			2,38	2,01

(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА

Южная тайга

Satoo, 1971b		Япония: о-в Хоккайдо										260 м над ур. м.				43°13′ с.ш., 142°26′ в.д.				
214	Культ.	Ia	10E	47	0,488	29,1	23,5	427	208,6	–	16,7	18,6	–	–	8,04	–	0,98	3,37	–	–
215	То же	I	10E	46	0,756	20,0	18,3	244	119,3	–	14,1	14,4	–	–	5,70	–	1,17	4,54	–	–
216	–"–	I	10E	46	0,756	20,5	18,3	252	123,2	–	18,5	14,7	–	–	5,67	–	1,29	4,69	–	–
217	–"–	II	10E	45	0,914	17,3	15,6	193	94,1	–	12,2	16,9	–	0,4	4,31	–	0,84	2,19	–	0,17

Широколиственные леса

Satoo, 1971б		Япония: Титибу										1030 м над ур. м.				35°56′ с.ш., 138°51′ в.д.				
218	Культ.	I	10E	39	2,240	17,3	16,5	368	188,5	–	18,6	23,9	–	–	8,50	–	0,90	4,50	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
									Picea schrenkiana											
									(О) ПАМИРО-ТЯНЬ-ШАНЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ											
Zhang, 1980; Wang, Zhao, 2000			Китайский Тянь-Шань											2200 м над ур. м.	43°02′ с.ш., 87°08′ в.д.					
219	Сн.	IV	10E	108	1,530	17,2	16,5	263,0	162,6	18,06	23,27	18,81	44,0*	–	1,98	0,265	2,075	2,97	0,79*	–
220	То же	IV	10E	108	0,940	19,4	17,8	206,5	123,6	13,98	20,49	14,33	34,1*	–	1,67	0,235	1,00	2,17	0,35*	–
221	–"–	V	10E	108	1,350	16,6	15,4	207,8	126,9	14,43	18,47	15,10	34,5*	–	2,19	0,290	3,26	3,84	0,67*	–
222	–"–	IV	10E	108	1,065	19,0	17,6	236,2	145,9	15,97	23,75	16,54	40,0*	–	1,89	0,258	1,17	2,51	0,48*	–
Wang, Zhao, 2000			Китайский Тянь-Шань, Синьцзян-Уйгурский район											1500–3600 м над ур. м.	43–44° с.ш., 81–93° в.д.					
223	Natural		10E	148	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,03		0,574	0,330	–	
224	То же		10E	125	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10,28		3,328	1,887	–	
225	–"–		10E	140	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6,20		1,559	0,876	–	
226	–"–		10E	127	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,80		1,251	0,522	–	
227	–"–		10E	133	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,67		0,871	0,491	–	
228	–"–		10E	128	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,45		0,412	5,816	–	
229	–"–		10E	123	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9,06		1,294	6,922	–	
230	–"–		10E	104	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,32		0,730	0,408	–	
231	–"–		10E	128	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,51		1,232	0,700	–	
232	–"–		10E	101	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,14		1,080	0,610	–	
233	–"–		10E	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,64		0,392	0,216	–	
234	–"–		10E	121	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,42		0,715	0,404	–	
235	–"–		10E	86	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,69		0,403	0,224	–	
236	–"–		10E	116	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,42		0,733	0,409	–	
237	–"–		10E	88	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,08		0,585	0,324	–	
238	–"–		10E	94	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,94		0,958	0,536	–	
239	–"–		10E	83	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,09		2,907	1,606	–	

Электронный архив УГЛТУ

240	–"–		10E	75	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,15		2,956	1,628	–	
241	–"–		10E	116	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,89		1,817	1,022	–	
242	–"–		10E	97	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,80		1,366	0,758	–	
243	–"–		10E	84	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,26		1,074	0,596	–	
Второва, 1975				Тянь-Шань, хр. Терской-Алатау, сев. склон: р. Чоя-Кызыл-Су										2200 м над ур. м.			Около 42° с.ш., 78° в.д.				
244	Зл.-рзт.	III	10E	(100)	–	–	–	230*	80,0	–	80,0	–	20,0		8,0			–	20,0	

3. ПИХТА (*ABIES ALBA*)

Abies alba

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Широколиственные леса

Bindiu, 1973 (цит. по: DeAngelis et al., 1981)				Румыния, Южные Карпаты: Синая (Sinaia)										1000 м над ур. м.			45°23′ с.ш., 23°15′ в.д.				
245	Кис.-мш.	Ia	10П	110	0,485	44,8	36,0	1000	405,5	40,5	37,8	26,7	–	–	6,06	0,60	1,90	3,35	–	–	
Одинак и др., 1986				Западная Украина, Львовская обл.: Старый Самбор										500–550 м над ур. м.			49°30′ с.ш., 23° в.д.				
246	Бук.-кис.	I	10П+Бк	55	1,096	21,2	21,3	323	140,2	–	10,7	10,1	41,1	0,31	11,7	–	1,81	2,60	2,10	0,31	
247	Бук.-ежв.	Ia	10П+Бк	60	0,826	24,7	24,9	506	230,4	–	20,9	11,3	59,5	0,49	16,5	–	3,10	3,08	2,76	0,49	

4а. СОСНА, ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ (*PINUS SYLVESTRIS*)

Pinus sylvestris

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Хвойно-широколиственные леса

Haland, Braekke, 1989				Норвегия: Трогстад около Осло										190 м над ур. м.			59°30′ с.ш., 11° в.д.				
248	–	Va	10C	100	2,066	9,5	8,5	69,7	–	–	–	–	21,6	7,8	–	–	–	–	0,61	–	
249	–	Va	10C	100	1,399	9,2	7,4	39,9	–	–	–	–	14,4	7,4	–	–	–	–	0,51	–	
250	–	Va	10C	100	1,302	10,2	8,1	48,9	–	–	–	–	17,0	6,6	–	–	–	–	0,60	–	
251	–	Va	10C	100	1,250	8,7	6,9	30,6	–	–	–	–	12,3	5,3	–	–	–	–	0,46	–	
252	–	Va	10C	100	1,580	7,7	5,4	25,2	–	–	–	–	11,0	5,3	–	–	–	–	0,30	–	
253	–	Va	10C	100	1,615	8,4	6,9	36,1	–	–	–	–	12,6	5,9	–	–	–	–	0,26	–	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
254	–	Va	10C	100	2,205	7,7	6,9	42,2	–	–	–	–	14,6	4,2	–	–	–	–	0,60	–
255	–	Va	10C	100	1,649	8,0	6,4	31,7	–	–	–	–	13,2	2,1	–	–	–	–	0,67	–
256	–	Va	10C	100	1,858	8,2	7,7	43,8	–	–	–	–	15,1	4,8	–	–	–	–	1,06	–
Широколиственные леса																				
Ovington, 1957	Англия: Тетфорд (Thetford)							50 м над ур. м.						52°30′ с.ш., 1°53′ в.д.						
257	–	III	10C	11	4,230	3,5	2,85	11,2	5,25	–	4,31	5,80	10,6	–	1,1	–	1,1	1,7	–	–
258	–	III	10C	14	5,190	4,2	3,59	17,9	8,41	–	7,79	6,69	10,4	–	1,1	–	1,4	3,9	–	–
259	–	III	10C	17	5,640	5,7	4,85	34,5	16,2	–	9,42	8,97	12,8	–	2,6	–	3,8	4,3	–	–
260	–	III	10C	20	5,400	6,8	5,76	57,7	27,1	–	12,0	10,5	14,0	–	3,6	–	2,3	3,6	–	–
261	–	II	10C	23	3,640	9,4	8,23	94,3	44,3	–	13,8	5,06	28,1	–	11,0	–	3,0	3,7	–	–
262	–	I	10C	31	2,370	13,9	12,6	174	81,7	–	9,41	8,28	27,7	–	8,5	–	3,0	3,6	–	–
263	–	I	10C	35	1,890	14,8	14,2	210	98,8	–	9,60	9,83	44,4	–	9,3	–	3,8	3,5	–	–
264	–	II	10C	55	0,760	22,7	16,0	206	96,7	–	12,3	7,24	34,1	–	5,0	–	0,8	3,3	–	–
Alvera, 1973; Puigdefabregas et al., 1973 (цит. по: DeAngelis et al., 1981)	Испания: Хака							1230 м над ур. м.						42°30′ с.ш., 0°40′ з.д.						
265	Пап.-брс.	IV	10C	80	1,916	18,6	15,3	304	146	15,7	35,0	11,5	53,6	11,4	4,26	–	4,83	2,14	–	1,45
Sindani, Lejoly, 1990	Юг Франции: Альпийская горная провинция							1650 м над ур. м.						Около 44° с.ш., 07° в.д.						
266	–	III	10C	30–50	1,425	18,7	10–12	103*	60,5	7,8	48,1	16,2	–	0,4	2,66	0,33	7,16	6,63	–	0,59
Pinus pinea																				
Субтропики																				
Cabanettes, Rapp, 1978	Франция: Монпелье							50 м над ур. м.						43°40′ с.ш., 04°15′ в.д.						
267	–	II	10C	35	0,800	23,2	10,4	307*	97,5	–	–	12,7	22,0	–	5,25		0,45	1,1	–	

Электронный архив УГЛТУ

Pinus sylvestris

(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Средняя тайга

Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Швеция: Охеден									175 м над ур. м.			64°13′ с.ш., 19°30′ в.д.					
268	Vac.	V	7С3Е	180	0,918	21,6	18,0	298	116,4	8,42	29,3	9,1	43,5	–	1,7	–	1,3	0,9	2,4	–
Mälkönen, 1974			Финляндия: Таммела									125–140 м над ур. м.			60°31′–61°40′ с.ш., 23°51′–24°19′ в.д.					
269	Пески	IV	10С	28	2,911	5,8	6,4	30,2	11,5	1,9	3,3	2,3	7,0	–	0,87	0,09	0,75	0,90	0,96	–
270	То же	III	10С	47	0,845	13,5	12,0	75,5	30,4	3,3	6,8	3,5	11,0	–	1,89	0,10	0,96	1,38	1,07	–
271	–"–	II	10С	45	1,420	13,4	15,4	149	60,9	5,3	7,4	4,4	19,3	–	2,48	0,13	1,19	1,74	1,29	–
Paavilainen, 1980			Финляндия: Вилпула, Йааккоинсо									5–50 м над ур. м.			62°04′ с.ш., 24°34′ в.д.					
272	Бол. осуш.	–	10С	100*	0,688	17,5	–	116	55,1	3,3	10,4	4,1	27,8	–	2,10	0,29	0,88	1,13	1,73	–
273	То же	–	10С	100*	0,800	14,4	–	79	39,3	2,6	7,4	3,5	22,6	–	1,86	0,23	0,62	0,95	1,52	–
274	–"–	–	10С	100*	0,784	16,2	–	115	53,6	3,3	9,8	4,1	27,9	–	1,89	0,25	0,83	1,07	1,64	–
275	–"–	–	10С	100*	0,592	17,2	–	99	44,0	3,0	8,1	4,0	25,3	–	2,25	0,27	0,61	1,18	1,94	–
276	–"–	–	10С	100*	0,757	15,3	–	92	44,2	3,1	8,6	4,5	25,5	–	2,64	0,31	0,65	1,41	2,15	–
277	–"–	–	10С	100*	0,784	15,2	–	95	44,5	3,1	7,9	4,3	27,6	–	2,34	0,32	0,60	1,20	2,10	–
Helmisaari et al., 2002			Финляндия, восточная часть: Мекриярви									145 м над ур. м.			62°47′ с.ш., 30°58′ в.д.					
278	Vaccin.	I	10С	15	7,425	1,6	2,0	7,9	4,79	1,01	4,27	1,31	3,79	–	1,01	0,115	0,422	0,579	1,76	–
279	То же	I	10С	35	2,660	7,7	6,8	57,7	28,73	3,41	7,44	4,62	11,24	–	2,83	0,119	0,408	1,60	8,20	–
280	–"–	I	10С	100	0,432	27,3	20,1	258,1	100,9	6,01	12,87	5,83	18,45	–	2,20	0,04	0	1,92	9,81	–
Говоренков, 1972			Ленинградская обл.: Карельский перешеек, Линдуловская роща												60°30′с.ш., 30° в.д.					
281	Злм.-чер.	II	8С2Е	170	0,351	40,4	29,0	568	221,4	13,7	31,0	7,29	53,4	2,07	2,34	0,14	1,16	1,23	–	0,81
Медведева, Егорова, 1977; Медведева и др., 1977; Медведева, 1978			Карелия: Пряжа												61°30′ с.ш., 33° в.д.					
282	Оск.-сфг.	Va	8С2Б	117	1,426	15,4	12,4	143	78,6	13,3	5,8	3,3	20,8	12,9	0,50	0,12	0,95	1,43	0,16	7,89
283	Длм.-сфг.	V	8С1Б1Ос	130	0,663	19,9	16,3	194	103,6	12,6	4,4	3,3	26,4	6,13	1,07	0,21	0,77	0,89	0,49	4,88
284	Баг.-сфг.	Va	10С	140	0,525	19,3	11,8	54	29,4	4,7	3,1	1,9	8,6	18,2	0,28	0,04	0,23	0,32	0,06	5,87
285	Кус.-сфг.	Vб	10С	117	0,416	8,3	5,1	8	3,87	0,98	0,92	0,69	1,30	12,7	0,043	0,01	0,064	0,11	0,025	4,98

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
286	Трв.-сфг.	V	8С2Е	118	1,329	15,8	17,0	250	113,6	8,9	10,9	8,3	33,4	6,1	3,22	0,25	0,95	2,22	0,93	1,74
287	То же	V	9С1Б	118	1,940	12,9	16,3	309	144,9	9,0	12,9	8,8	41,4	7,1	4,27	0,59	1,75	2,82	1,10	1,03
288	–"–	V	9С1Б	119	–	–	–	368*	172,5	12,7	16,1	8,6	46,4	3,8	3,78	0,40	1,59	2,89	0,98	0,82
289	Кус.-сфг.	V	7С2Б1Е	117	1,622	13,4	14,8	154	72,0	9,0	9,5	5,7	26,0	8,2	2,22	0,34	0,91	1,55	0,78	0,99
290	То же	V	7С3Б	75	1,413	12,6	15,0	144	73,1	6,5	10,2	5,0	20,8	8,6	2,76	0,15	0,86	1,81	0,62	1,37
Иванчиков, Зябченко, 1977			Карелия: Пряжа														62° с.ш., 33° в.д.			
291	Оск.-сфг.	Va	8С2Б	117	0,658	15,4	12,6	143	78,6	13,3	5,8	3,3	29,1	15,7	0,50	0,12	0,95	1,43	2,93	6,95
292	Длм.-сфг.	V	8С1Б10с	130	0,663	19,9	16,3	194	103,6	12,6	4,4	3,3	29,4	3,6	1,07	0,21	0,77	0,89	0,49	2,35
293	Баг.-сфг.	Va	10С	140	0,525	19,3	11,8	53	29,4	4,7	3,1	1,9	16,0	10,7	0,28	0,04	0,23	0,32	0,06	6,01
294	Кус.-сфг.	Vб	10С	117	0,416	8,3	5,1	8	3,87	0,98	0,92	0,69	6,56	18,9	0,043	0,01	0,064	0,11	2,37	7,61
Иванчиков, Зябченко, 1977			Карелия: Пряжа														62° с.ш., 33° в.д.			
295	Брс.	IV	10С	152	0,578	24,3	20,9	314	144,5	12,5	11,7	4,08	31,9	3,55	1,48	0,13	0,40	1,00	0,31	0,58
296	То же	IV	10С	154	0,417	24,8	22,5	259	120,8	10,8	10,8	3,12	26,9	6,92	1,17	0,10	0,45	0,73	0,22	1,08
297	Чер.	III	10С	112	0,416	26,5	21,7	283	130,5	11,7	11,4	3,63	28,4	7,97	1,69	0,15	0,46	0,71	0,35	0,76
298	Лиш.	V	10С	139	0,808	19,0	15,6	169	77,2	7,1	12,1	5,35	18,8	7,41	1,00	0,09	0,61	1,07	0,23	0,59
Морозова, 1978			Карелия: Заповедник Кивач														62°20′ с.ш., 33°40′ в.д.			
299	Брс.	III	10С	140	0,428	31,6	25,8	380	144,8	–	25,3	8,64	39,6	7,8	0,93	–	0,15	1,42	0,29	0,44
300	Лиш.	IV	10С	140	0,375	28,9	21,8	244	106,9	–	14,6	5,30	28,9	3,7	1,45	–	0,26	2,10	0,44	0,78
Казимиров и др., 1977			Южная Карелия: Кончезеро														62°13′ с.ш., 34°10′ в.д.			
301	Лиш.	V	10С	51	3,484	7,6	8,6	82	38,8	–	5,79	3,90	9,78	3,40	1,42	–	0,60	1,21	0,68	0,37
302	Врс.	IV	9С1Б	53	1,632	12,6	11,7	124	59,4	–	8,80	4,46	14,6	3,68	2,38	–	0,91	1,59	1,05	0,40
303	Брс.	III	9С1Б	55	1,482	13,4	13,0	144	69,0	–	9,27	4,45	16,8	3,33	2,77	–	0,95	1,52	1,21	0,59
304	Чер.	III	9С1Б	60	1,068	18,0	15,9	194	92,9	–	12,3	4,94	21,3	4,72	3,59	–	1,26	1,66	1,51	0,91

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

305	То же	III	8С2Б	62	1,628	17,2	15,2	164	78,7	–	10,7	4,42	18,9	7,18	3,00	–	1,10	1,90	1,33	1,32				
306	Кус.-длм.	IV	8С2Б	65	2,216	11,4	11,5	118	56,3	–	8,39	4,04	13,9	8,19	2,09	–	0,87	1,59	0,97	1,53				
307	Баг.-сфг.	V	9С1Б	66	2,120	10,8	11,0	108	51,5	–	7,64	3,90	12,8	9,19	1,66	–	0,80	1,48	0,86	1,75				
																62°–62°40′ с.ш., 33°45′–34°10′ в.д.								
																Южная Карелия								
308	Чер.	II	10С	45	3,795	11,0	14,0	300	136,1	14,3	13,1	7,57	32,5	6,26	4,66	0,49	1,25	1,89	1,04	1,86				
309	Брс.	IV	10С	22	10,698	3,7	4,0	35	15,3	2,84	2,75	2,72	5,57	6,54	1,19	0,22	0,50	0,67	0,30	1,59				
310	То же	IV	10С	32	11,708	4,3	5,8	78	34,6	5,36	4,65	4,50	8,51	6,66	2,23	0,35	0,75	1,26	0,69	1,48				
311	–"–	IV	10С	42	15,266	4,9	7,8	160	72,6	8,82	5,67	3,53	14,7	5,73	3,10	0,38	0,94	1,20	0,62	1,27				
312	–"–	IV	10С	44	10,672	5,5	8,2	128	56,9	9,41	6,35	5,85	13,3	5,15	2,74	0,45	0,85	1,22	0,58	1,18				
313	–"–	III	10С	54	4,830	9,6	12,6	254	115,5	10,5	6,75	4,70	20,0	5,38	3,47	0,31	0,77	1,05	0,51	1,32				
314	–"–	IV	10С	71	2,243	13,4	14,3	256	116,7	10,0	9,45	5,72	23,3	5,02	3,29	0,28	1,08	1,62	0,74	1,23				
315	–"–	III	10С	76	1,469	17,8	18,8	361	163,3	18,2	10,0	5,99	28,7	5,00	3,30	0,37	0,96	1,00	0,52	1,16				
316	–"–	III	10С	84	2,780	13,4	17,7	371	168,9	15,6	8,29	5,53	25,6	5,47	2,75	0,25	0,85	1,54	0,48	1,36				
317	–"–	III	10С	85	1,201	19,2	19,3	370	169,5	12,8	10,5	4,33	31,5	4,71	3,13	0,24	0,91	1,08	0,50	1,07				
318	–"–	IV	10С	109	1,132	20,6	20,4	393	179,4	16,3	14,8	5,32	35,7	5,74	2,51	0,23	1,03	1,14	0,57	1,36				
319	–"–	III	10С	122	0,972	22,9	22,7	447	203,8	18,0	13,0	5,35	37,7	8,26	1,59	0,14	0,87	1,16	0,55	1,70				
320	–"–	IV	10С	123	1,088	21,6	21,9	424	193,2	17,5	15,8	5,73	35,1	5,72	1,97	0,18	1,05	1,17	0,45	1,23				
321	–"–	IV	10С	146	0,848	24,5	22,3	441	202,7	13,2	13,9	5,21	38,8	8,47	1,43	0,09	0,86	1,20	0,39	1,54				
322	–"–	III	10С	185	0,702	25,4	23,7	440	200,7	17,7	16,4	5,11	39,7	12,5	0,92	0,08	0,59	0,91	0,34	2,23				
323	Чер.	III	8С2Б	15	12,296	3,4	3,7	25	11,3	2,73	6,30	3,27	2,29	3,44	1,05	0,25	1,06	1,15	0,20	1,43				
324	То же	III	8С2Б	15	23,186	2,4	3,6	32	14,4	3,67	8,10	4,16	2,90	3,67	1,66	0,42	1,07	1,69	0,38	1,41				
325	–"–	III	9С1Б	40	5,831	6,9	12,2	160	81,2	14,2	10,3	3,99	13,3	4,00	2,18	0,38	1,24	1,40	0,37	1,38				
326	–"–	III	9С1Б	40	8,220	6,9	12,1	195	86,1	12,0	11,6	5,52	18,1	8,74	1,85	0,26	0,93	1,59	0,34	2,09				
327	–"–	II	10С	45	3,795	11,0	14,0	300	136,1	14,3	13,1	8,57	38,6	6,26	4,55	0,48	0,98	3,90	1,16	1,89				
328	–"–	II	9С1Б	55	1,570	16,4	17,1	343	158,7	19,3	14,2	6,69	28,5	5,22	3,65	0,44	0,91	1,65	0,57	1,46				
329	–"–	II	9С1Б	58	2,290	13,9	17,4	331	149,5	15,3	16,8	5,52	27,9	9,40	3,78	0,39	0,92	1,78	0,61	2,33				
330	–"–	II	10С	59	1,565	17,0	18,7	374	173,1	8,70	16,0	5,72	28,3	3,59	5,15	0,26	0,77	1,29	0,76	0,86				
331	–"–	II	9С1Б	65	1,685	17,6	20,2	404	191,7	20,0	17,5	6,03	30,2	5,67	3,64	0,38	0,75	2,85	0,54	1,53				
332	–"–	II	10С	83	1,431	19,5	21,0	423	169,2	13,6	15,5	5,92	39,8	4,79	3,70	0,30	0,62	1,52	0,68	2,87				
333	–"–	II	9С1Б	84	1,314	20,4	22,0	425	208,6	21,1	20,5	5,33	34,6	12,6	2,88	0,29	0,74	2,28	0,45	2,16				
334	–"–	II	9С1Б	87	0,953	22,6	22,5	435	230,9	31,4	15,9	5,16	36,2	9,70	4,00	0,54	0,56	1,62	0,47	1,85				
335	–"–	II	9С1Е	90	0,942	23,7	23,5	429	220,6	21,3	24,7	9,78	33,3	6,27	2,51	0,24	0,79	1,81	0,37	1,50				
336	–"–	II	9С1Б	97	0,831	27,9	26,8	539	329,3	20,7	27,4	6,95	39,9	4,89	3,67	0,23	0,82	1,76	0,52	2,03				

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
337	–"–	II	10С	107	0,648	28,1	26,8	472	218,8	18,4	17,6	5,82	44,5	7,21	2,77	0,23	0,49	1,35	0,49	2,26
338	–"–	II	10С	140	0,544	31,9	28,8	501	255,2	14,6	20,7	5,01	35,9	7,41	2,92	0,17	0,52	1,82	0,40	2,31
339	–"–	II	10С	144	0,582	29,1	28,7	547	281,1	10,0	25,7	4,95	33,3	10,0	1,83	0,07	0,59	2,25	0,20	2,60
340	–"–	II	9С1Е	185	0,538	34,5	29,0	541	265,6	14,1	20,0	3,84	30,4	8,44	2,30	0,12	0,40	1,27	0,24	2,11
	Южная тайга																			
Алексеев, 1967			Ленинградская обл.: Павловск												59°40′ с.ш., 30°25′ в.д.					
341	Кис.-брс.	I	10С	80	0,365	29,0	24,5	313	151,0	8,0	19,9	5,0	46,0	–	2,80	0,15	0,40	1,50	1,00	–
342	Длм.	IV	10С	85	0,925	18,3	17,2	222	111,0	7,0	15,0	6,0	30,0	–	1,90	0,12	0,40	1,90	0,90	–
343	Сфг.	Va	10С	85	1,775	11,0	8,8	98	44,0	3,0	6,0	4,0	15,0	–	0,80	0,05	0,30	1,40	0,90	–
Каменецкая, 1970; Каменецкая и др., 1973			Ярославская обл.: Рыбинск												58°10′ с.ш., 39° в.д.					
344	Длм.	III	9С1Б	26	9,802	6,2	7,8	88,2	47,9	–	6,15	4,05	20,4	5,36	2,76	–	0,59	1,61	2,29	0,62
345	Чер.	I	8С2Б	26	6,209	9,6	11,5	134,0	73,1	–	11,7	5,88	20,4	0,73	5,07	–	1,09	2,23	2,35	0,32
346	Мш.-лиш.	II	10С	32	4,450	8,5	10,8	126,9	76,0	7,72	9,35	6,81	27,1	0,72	4,89	–	0,95	1,90	2,41	0,08
347	Чер.-сфг.	II	9С1Б	32	12,68	5,6	7,9	117,6	60,3	–	11,6	9,56	18,8	6,94	5,95	–	1,27	3,96	2,79	1,06
	Хвойно-широколиственные леса																			
Капустинскайте, 1976			Литва												55° с.ш., 24° в.д.					
348	Баг.	V	10С	28	2,900	4,5	3,2	8,1	5,8	–	2,0	1,1	1,9	–	0,40	–	0,22	0,61	–	2,86
349	То же	V	10С	40	2,470	5,2	5,1	16,6	9,3	–	3,2	1,7	3,8	–	0,70	–	0,47	0,76	–	4,30
350	–"–	Va	10С	43	3,007	5,9	4,3	20,4	9,5	–	3,1	2,3	3,5	–	0,90	–	0,58	0,91	–	3,44
351	–"–	III	10С	30	3,420	10,2	8,3	105	57,4	–	7,6	4,0	14,5	–	3,40	–	0,98	2,05	–	0,44
352	–"–	III	10С	40	2,382	9,7	10,3	92,6	53,1	–	5,5	5,1	18,2	–	3,70	–	1,35	2,56	–	1,23
353	–"–	III	9С1Е	47	1,940	12,9	12,7	145	75,0	–	12,9	7,7	22,9	–	3,60	–	1,38	2,95	–	0,99
354	–"–	III	10С	54	1,647	14,3	14,4	173	85,8	–	7,5	4,5	32,9	–	2,90	–	0,91	2,70	–	1,54
355	–"–	III	8С2Б	70	1,008	18,7	18,0	256	128,1	–	9,8	5,1	33,4	–	2,20	–	0,66	2,40	–	1,18

Электронный архив УГЛТУ

Бумблаускис, 1996			Литва, Мариямполе: заповедник Жувинтас													54°30′ с.ш., 23°10′ в.д.				
356	Баг.-мш.	Va	10С	30	–	4,0	3,0	6,0	2,40	–	0,27	0,12	0,57	12,0		0,53	0,09	–	2,43
357	Оск.	Va	10С	30	–	4,0	3,0	6,0	2,69	–	0,19	0,13	0,59	11,2		0,24	0,13	–	3,70
358	Сфг.	Va	10С	50	–	8,0	5,0	30	19,3	–	2,37	1,67	5,33	20,1		1,02	0,80	–	4,14
359	Баг.	Va	10С	50	–	8,0	5,0	40	21,0	–	1,62	1,61	5,42	19,5		1,31	0,50	–	4,23
360	То же	Va	10С	70	–	8,0	4,0	16	10,0	–	1,39	0,77	3,03	12,0		0,77	0,36	–	2,97
361	Сфг.	Va	10С	30	–	2,0	2,0	4,0	1,8	–	0,21	0,07	0,51	14,5		0,51	0,03	–	3,50
362	Баг.	Va	10С	40	–	6,0	4,0	30	8,7	–	0,97	0,58	1,73	14,6		0,73	0,30	–	3,14
363	То же	Va	10С	60	–	10,0	8,0	100	37,4	–	4,49	2,08	10,6	15,3		2,29	1,06	–	4,05
Япушене, 1975			Литва: Тракайский район													54°40′ с.ш., 25°00′ в.д.				
364	Брс.-чер.	–	10С	(50)	–	–	–	512*	231,7	–	20,3	7,08	39,4	3,5	5,31	–	0,65	2,0	0,91	0,67
Holmen, 1964			Швеция: Упсала													59°30′ с.ш., 17°40′ в.д.				
365	Сфг.	IV	10С	44	1,282	11,5	9,8	65,5	27,2	3,0	7,1	3,5	–	–	1,5	0,2	0,6*	1,2	–	–
Смоляк и др., 1973			Белоруссия: Гродненская обл., Сморгонь													54°30′ с.ш., 26°10′ в.д.				
366	Пуш.-сфг.	IV	10С	20	2,275	4,6	4,0	15	4,9	1,0	1,7	1,4	–	8,3	0,5	0,1	0,3	0,6	–	1,5
367	Ив.-оск.	V	5С3Б2Ол	75	3,625	12,2	10,0	101	44,9	5,44	4,0	3,0	–	2,6	1,6	0,19	0,1	0,8	–	1,0
368	Ел.-чер.	Ia	9С1Е	50	0,630	28,0	21,0	274	97,7	7,33	13,1	5,56	–	3,5	6,2	0,47	1,1	2,2	–	1,1
369	Прч.-трв.	III	10С	9	11,30	2,5	2,7	11	6,3	1,2	4,0	3,8	–	2,9	2,0	0,38	1,6	2,4	–	2,9
370	Мш.	I	10С	39	1,875	15,3	16,0	284	120,5	9,8	21,3	10,3	–	3,6	9,5	0,77	2,4	3,8	–	0,4
371	Брс.-лиш.	V	10С	25	4,930	4,0	3,0	16	7,5	2,1	2,7	2,4	–	6,9	0,6	0,17	0,3	0,7	–	0,3
Самцов, 1991			Белоруссия: район Вилейско-Минского водохранилища													54° с.ш., 27° в.д.				
372	Лиш.	IV	10С	22	4,925	5,3	5,1	37	16,9	–	6,38	3,38	–	–	1,99	–	1,9	1,71	–	–
373	Брс.	III	10С	22	4,937	6,6	6,6	58	33,0	–	6,29	4,94	–	–	4,23	–	1,35	2,09	–	–
374	То же	III	10С	25	3,838	4,7	6,7	50	19,1	–	6,20	2,69	–	–	3,35	–	1,8	1,21	–	–
375	–"–	IV	10С	25	4,516	6,7	5,0	60	35,4	–	4,08	1,63	–	–	4,34	–	0,95	1,49	–	–
376	Мш.	I	10С	41	1,988	13,4	15,5	212	77,2	–	5,95	4,11	–	–	3,91	–	0,87	1,28	–	–
377	То же	I	9С1Ос	21	2,700	8,8	9,5	81	42,9	–	10,8	7,15	–	–	6,04	–	2,05	4,06	–	–
378	–"–	I	10С	13	6,055	6,0	5,8	45	26,1	–	5,27	2,63	–	–	5,37	–	0,64	1,62	–	–
379	–"–	II	10С	26	4,186	7,3	8,4	84	42,2	–	3,27	2,83	–	–	2,62	–	0,65	1,26	–	–
380	–"–	III	10С	26	4,450	7,0	7,5	90	37,7	–	15,0	3,22	–	–	3,43	–	3,64	1,3	–	–
381	Чер.	Ia	10С	30	2,238	12,0	16,0	200	91,2	–	8,21	5,57	–	–	13,14	–	1,95	2,33	–	–
382	Баг.	V	10С	46	1,637	9,1	7,0	50	14,2	–	1,80	1,07	–	–	1,86	–	0,28	0,5	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Валетов и др., 1981, 1985							Белоруссия: Березинский заповедник								54°45′ с.ш., 28°10′ в.д.					
383	Пуш.-сфг.	Vб	10С	60	1,886	4,5	2,8	10,2	3,4	0,80	0,90	0,45	2,60	–	0,12	0,03	0,04	0,13	–	1,79
384	Баг.-сфг.	Vб	10С	150	1,644	12,1	8,4	82,9	48,4	5,88	7,22	2,19	9,23	–	0,67	0,08	0,29	0,67	–	1,51
385	Трс.-сфг.	V	6С4Б	55	3,437	9,7	8,3	120	67,8	6,32	7,74	1,88	10,9	–	1,89	0,18	0,36	0,92	–	1,8
386	Чер.-сфг.	II	10С	60	0,903	18,4	18,0	201,1	99	8,12	10,0	3,65	12,6	–	2,73	0,22	0,49	1,18	–	1,19
387	Оск.-сфг.	V	6С4Б	80	1,469	12,8	13,0	98,5	46	4,77	4,75	1,22	8,96	–	0,76	0,08	0,16	0,48	–	1,05
Вомперский, Иванов, 1982							Тверская обл.: г. Западная Двина								56°20′ с.ш., 32°30′ в.д.					
388	Пуш.-сфг.	Vб	10С	134	5,638	6,2	5,3	14,9	6,92	–	1,66	0,89	3,86	–	0,15	–	0,07	0,35	0,06	–
389	Кус.-сфг.	Vб	10С	203	1,385	16,5	9,4	32,6	22,9	–	4,13	1,52	10,8	–	0,39	–	0,15	0,61	0,43	–
390	Оск.-сфг.	Va	8С2Б	141	0,713	21,6	14,0	77,0	48,5	–	7,15	2,12	13,6	–	1,10	–	0,40	0,8	0,56	–
391	Блт.-трв.	V	5С4Б1Е	139	0,544	22,5	17,5	184,0	106,9	–	17,9	5,89	43,8	–	2,38	–	1,23	2,27	1,91	–
Вомперский, Иванов, 1978							Тверская обл.: г. Западная Двина								56°30′ с.ш., 32° в.д.					
392	Кус.-сфг.	Vб	10С	148	1,385	15,2	9,2	32,0	22,9	–	4,10	1,60	10,8	20,7	0,39	–	0,15	0,61	0,43	4,08
393	Оск.-сфг.	Va	9С1Б	140	1,043	16,4	13,4	92,0	48,5	–	7,15	2,12	13,7	8,50	1,1	–	0,38	0,8	0,56	2,41
394	Блт.-трв.	V	5С5Б	140	1,389	18,4	17,0	183,0	106,8	–	17,8	5,91	43,8	18,3	2,38	–	1,01	2,27	1,91	4,66
Ватковский, 1976; Ватковский и др., 1975							Новгородская обл.: Валдай								58° с.ш., 33° в.д.					
395	Брс.	I	10С	29	3,030	9,7	11,1	120	69,5	5,0	18,9	8,0	24,5	5,04	2,06	0,15	3,7	2,17	2,1	0,462
396	То же	III	10С	130	0,353	33,7	25,3	400	164,7	20,4	24,0	6,5	55,0	2,71	1,73	0,21	0,92	1,94	–	–
397	Кус.-сфг.	V	10С	10	70,00	0,5	1,1	1	0,64	0,17	0,25	0,66	0,16	5,42	0,07	0,02	0,04	0,31	–	0,53
398	То же	Vб	10С	135	1,540	12,5	8,0	90	30,0	3,0	15,1	0,63	17,0	8,3	0,24	0,02	0,28	0,23	–	1,2
Головенко и др., 1976, 1981; Герасимова и др., 1980							Новгородская обл.: Валдай								58° с.ш., 33° в.д.					
399	Брс.-злм	II	10С	60	0,850	20,7	17,1	232	104,8	–	19,7	5,92	25,0	7,23	5,11	–	3,08	2,80	4,21	7,23

Электронный архив УГЛТУ

Уткин и др., 1984							Ярославская обл.: Углич									57°30′ с.ш., 38°20′ в.д.				
400	Кис.-чер.	Ia	8С2Б	41	1,508	16,1	19,9	376	163	12,3	14,2	5,12	31,9	–	7,16	0,54	1,89	2,45	–	–
Арутюнян, Уткин, 1986							Ярославская обл.: Рыбинск									58°06′ с.ш., 38°42′ в.д.				
401	Чер.-длм.	Ia	10С	41	0,864	22,1	19,1	284	106,7	7,27	13,6	5,98	–	–	4,37	0,3	2,33	2,31	–	1,22
402	Чер.-сфг.	I	10С	42	1,181	17,1	16,3	207	82,6	6,1	10,9	4,8	–	5,97	2,78	0,21	1,64	1,98	–	5,97
							Ярославская обл.: Углич									57°30′ с.ш., 38°20′ в.д.				
403	Пуш.-сфг.	Vб	10С	109	0,689	12,0	7,5	28	11,9	1,31	2,93	1,4	–	–	0,51	0,06	0,31	0,6	–	–
Арутюнян, Уткин, 1988							Ярославская обл.: Рыбинск									58°06′ с.ш., 38°42′ в.д.				
404	Брс.-злм.	I	10С	57	1,627	16,5	18,7	291	123,1	8,3	11,64	6,78	–	–	3,83	0,26	1,78	2,39	–	–
405	Мш.-лиш.	II	10С	41	4,229	10,3	12,8	252	108,4	9,38	13,52	9,02	–	–	5,67	0,49	2,52	3,42	–	–
406	Оск.-сфг.	II	10С	45	0,943	16,5	14,4	145	57,1	5,14	7,49	3,29	–	4,02	0,69	0,06	0,92	1,73	–	–
Молчанов, 1977							Ярославская обл.: Углич, Мышкино									57°40′ с.ш., 38°10′ в.д.				
407	Кис.-чер.	Ia	8С2Б	38	1,988	14,6	17,3	306	125,9	–	13,6	6,8	30,9	–	4,49	–	0,73	2,5	–	–
Карманова и др., 1987							Московская обл.: Серебряный бор									55°40′ с.ш., 37° в.д.				
408	Дуб.-лещ.-рзт.	I	7С2Д1Б	120	0,560	49,0	30,0	413	179,2	–	20,9	5,1	–	3,93	2,35	–	1,23	3,42	–	–
409	Дуб.-оск.-рзт.	II	9С1Д	120	0,675	43,0	29,0	410	168,5	–	25,6	4,9	–	3,90	2,40	–	1,39	3,70	–	–
410	Лип.-рзт.	II	5С5Лп	140	0,482	51,6	30,0	543	302,6	–	37,2	5,4	–	4,50	2,32	–	1,38	4,30	–	–
411	Лип.-ряб.-рзт.	II	8С2Лп	140	0,659	49,3	30,0	573	311,0	–	34,0	6,7	–	2,80	2,20	–	1,61	3,40	–	–
412	Лип.-сн.-кис.	II	9С1Б	140	0,250	51,6	30,0	487	224,7	–	26,0	5,2	–	3,83	1,85	–	1,20	3,10	–	–
Дылис, Носова, 1977; Лозинов, 1980							Московская обл.: Красная Пахра									55°20′ с.ш., 37° в.д.				
413	Лещ.-лют.	Iб	10С	78	0,455	30,5	32,5	375	206,7	12,8	14,2	6,1	42,2	5,51	4,36	0,27	1,60	3,00	–	1,31
414	То же	Iб	10С	58	0,830	22,4	26,1	349	190,9	11,2	10,8	4,9	–	1,84	4,90	0,29	1,37	2,80	–	0,66
415	–"–	Iб	10С	35	1,250	18,0	21,0	375	117,8	7,80	3,30	2,7	–	2,30	3,40	0,23	0,31	1,60	–	1,72
416	Кис.	Ia	10С	80	0,588	30,0	27,7	553	222,7	14,9	17,3	6,4	–	1,08	3,10	0,21	1,60	2,30	–	0,45
417	Лещ.-влс. оск.	Ia	9С1Б	72	0,630	27,2	28,8	529	162,7	8,80	9,29	3,9	–	3,21	2,90	0,16	1,18	2,40	–	1,19

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Широколиственные леса																				
Смоляк и др., 1974, 1975			Белоруссия, Полесье: Василевичи, Ивацевичи												52°30′ с.ш., 25°–30° в.д.					
418	Овс.-лиш.	IV	10С	66	1,070	17,7	13,5	185	88,8	9,64	12,95	10,09	–	0,13	3,96	0,43	1,00	2,78	–	0,13
419	Лиш.-мш.	III	10С	96	0,830	23,2	20,1	330	143,9	4,57	20,87	10,86	–	0,67	5,97	0,19	1,36	4,17	–	0,06
420	То же	III	10С	71	1,010	20,6	18,2	290	118,9	8,69	9,94	5,69	–	0,71	2,74	0,20	0,83	2,25	–	0,07
421	–"–	II	10С	43	1,380	14,9	13,8	170	64,2	6,21	11,77	7,02	–	0,36	3,46	0,33	1,00	1,99	–	0,02
422	–"–	II	10С	51	1,790	15,2	16,3	255	120,3	7,17	12,62	6,6	–	0,74	4,48	0,27	0,89	2,38	–	0,07
423	Бер.-мш.	I	10С	47	1,070	18,4	16,1	225	96,8	8,53	11,58	4,5	–	0,50	4,00	0,35	0,83	2,02	–	0,08
424	Мш.-лиш.	I	10С	47	0,630	18,3	16,6	137	44,6	3,34	12,33	5,3	–	1,50	2,73	0,20	1,09	1,68	–	0,06
425	Мож.-мш.	I	10С	45	1,840	14,9	15,7	248	108	5,99	14,0	6,85	–	1,54	5,00	0,28	1,42	2,50	–	0,18
426	Мш.	Iа	10С	13	5,950	5,8	6,8	62	20,5	3,2	6,43	4,72	–	–	3,43	0,54	1,39	2,07	–	–
427	То же	I	10С	15	6,000	6,2	6,1	67	23,9	2,95	7,88	5,77	–	–	3,91	0,48	2,07	2,70	–	–
428	Овс.-мш.	I	10С	51	1,710	16,9	18,6	340	136,1	10,6	10,55	6,93	–	1,54	4,10	0,32	0,85	2,96	–	0,19
429	Лиш.-мш.	I	10С	54	1,040	18,9	19,0	265	150,2	8,22	13,78	6,55	–	0,37	7,07	0,39	0,89	2,24	–	0,04
430	То же	I	10С	55	0,860	21,8	19,9	300	100,8	7,48	19,48	6,84	–	1,18	3,78	0,28	1,09	2,68	–	0,13
431	–"–	I	10С	52	0,900	21,0	19,8	290	113,8	5,22	10,07	6,58	–	1,53	7,47	0,34	0,76	2,24	–	0,15
432	–"–	I	10С	52	1,110	19,8	18,6	300	114,1	12,0	11,75	6,42	–	1,51	2,77	0,29	0,86	1,52	–	0,15
433	Лиш.-злм.	I	10С	42	1,006	17,1	15,3	176	88,9	5,9	12,18	5,56	–	0,67	4,00	0,27	0,95	2,14	–	0,11
434	Чер.-мш.	II	10С	60	1,150	19,6	18,4	305	192,2	12,4	18,95	9,83	–	1,51	8,40	0,54	1,40	3,42	–	0,14
435	Рак.-мш.	I	10С	50	1,730	17,0	17,5	335	171,9	16,1	13,18	7,81	–	0,51	7,44	0,70	1,23	3,17	–	0,07
436	Врс.-лиш.	I	10С	36	1,906	13,0	13,4	171	90,2	5,08	13,22	5,82	–	–	5,42	0,31	1,02	2,40	–	–
437	Врс.-мш.	Iа	10С	27	2,783	11,4	13,0	220	84,4	5,66	11,8	5,64	–	–	5,37	0,36	0,89	2,05	–	–
438	Овс.-мш.	Iб	10С	40	1,560	20,0	21,1	485	272	23,2	17,82	9,0	–	0,74	10,64	0,91	1,02	2,70	–	0,07
439	Чер.-мш.	II	10С	50	1,640	16,5	15,0	260	135,9	11,8	12,54	8,32	–	1,32	7,87	0,68	0,94	2,87	–	0,15
440	Брс.-мш.	II	10С	79	0,780	22,8	22,0	320	131,2	9,51	11,62	5,22	–	2,18	3,74	0,27	0,59	1,92	–	0,34
441	Овс.-мш.	II	10С	71	0,970	20,3	19,4	285	120,3	7,26	11,11	6,79	–	0,06	4,84	0,29	0,75	2,01	–	0,02

Электронный архив УГЛТУ

442	Лиш.-злм.	II	10С	53	1,220	17,8	16,2	244	122,5	8,89	11,92	3,85	–	0,49	3,56	0,26	0,93	1,91	–	0,03
443	Чер.-мш.	II	10С	75	1,030	21,4	20,1	355	160,6	13,0	10,33	4,63	–	2,99	3,91	0,32	0,53	1,66	–	0,29
444	Брс.-мш.	II	10С	60	0,830	21,0	18,4	254	122,6	7,68	8,65	4,25	–	2,17	3,50	0,22	0,54	1,37	–	0,22
445	Лиш.-мш.	II	10С	64	0,980	19,1	17,3	236	114,9	7,42	10,13	5,53	–	–	4,47	0,29	0,70	1,84	–	–
446	Лиш.-чер.	I	10С	44	1,880	14,2	16,6	197	93,7	8,31	11,38	5,14	–	2,59	4,45	0,39	0,92	2,47	–	0,62
447	Мш.-лиш.	II	10С	43	2,049	12,3	14,2	154	78,5	6,55	11,33	4,86	–	2,44	3,77	0,31	0,85	2,14	–	0,11
448	Чер.-мш.	II	10С	49	1,410	17,3	15,8	265	100,5	9,31	16,84	8,34	–	1,08	5,92	0,55	1,44	2,86	–	0,2
449	Брс.-мш.	II	10С	43	1,600	13,8	14,6	177	72,3	7,43	9,41	3,87	–	–	2,54	0,26	0,83	1,20	–	–
450	Мш.-чер.	II	10С	82	0,830	23,9	21,0	370	172,8	11,8	19,6	7,66	–	2,89	5,48	0,37	1,51	2,56	–	0,51
451	Врс.-мш.	III	10С	64	1,690	16,3	16,6	290	140,5	12,3	9,82	7,69	–	2,75	4,88	0,43	0,91	2,47	–	0,38
452	Мш.-чер.	II	10С	43	1,520	14,4	14,1	177	75,5	7,19	15,03	5,94	–	2,28	3,75	0,36	1,25	1,86	–	0,2
453	То же	III	10С	89	0,810	23,2	21,4	340	163,1	8,4	11,6	4,58	–	1,41	2,48	0,13	0,72	1,55	–	0,26
454	–"–	II	10С	49	1,360	18,4	16,2	270	120,8	9,94	13,49	7,49	–	1,55	6,53	0,54	1,21	2,37	–	0,26
455	–"–	II	10С	85	0,860	23,3	22,5	385	141,7	9,54	10,82	5,41	–	3,03	3,53	0,24	0,89	2,31	–	0,59
456	–"–	I	10С	48	1,270	17,5	17,5	260	119,1	9,44	10,77	7,59	–	1,63	6,51	0,52	1,17	3,37	–	0,4
457	Брс.-чер.	Ia	10С	44	1,510	17,9	19,5	347	132,2	9,61	12,5	6,62	–	0,67	4,50	0,33	1,24	2,45	–	0,21
458	Баг.-длм.	IV	10С	56	2,230	12,6	10,3	116	48,8	5,33	12,09	5,74	–	0,75	4,43	0,48	1,41	2,38	–	0,09
Цыкунов, 1972 а, б; Цыкупов и др., 1984, 1986					Белоруссия, Минская область: Негорелое											53°40′ с.ш., 27° в.д.				
459	Брс.	II	10С	18	8,380	4,9	5,7	60			40,5			–		8,59				–
460	–"–	II	10С	39	4,413	9,2	12,4	220	93,3	9,4	10,9	4,69	25,1	3,47		14,0				–
461	–"–	II	10С	53	2,162	13,1	15,7	251	–	–	–	–	27,9	3,17		15,0				–
462	–"–	II	10С	76	0,749	22,6	22,3	375			162,0		30,6	2,43		7,65				–
463	Орл.-чер.	Ia	10С	39	1,757	15,0	17,2	291	119,8	10,8	10,0	6,01	26,4	2,14		15,7				–
Сидорович и др., 1985					Белоруссия: Минский стационар											54° с.ш., 27°35′ в.д.				
464	Мш.	I	10С	50	0,930	18,1	19,2	234	91	–	8,62	4,09	27,1	3,34	3,62	–	1,42	1,05	1,8	0,54
					Белоруссия: Березинский заповедник											54°50′ с.ш., 28⁰ в.д.				
465	Мш.	I	10С	55	1,272	16,7	18,2	250	122,2	–	13,7	5,78	24,2	0,33	4,14	–	1,33	2,33	1,67	0,10
Бойко и др., 1976; Бойко, Лозпухо, 1982					Белоруссия: Гомельская обл., Петриков, Лельчицы, Житковичи											52° с.ш., 28° в.д.				
466	Лиш.	IV	10С	50	0,486	14,6	9,7	43,9	18,4	2,16	5,43	1,35	17,2	3,75	0,58	0,07	0,10	0,32	0,47	0,41
467	Брс.	II	8С1Б1Д	65	0,785	20,6	19,1	239	112,3	13,3	9,69	3,82	21,4	5,12	2,61	0,31	0,45	1,32	0,56	1,97

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
468	Мш.	II	8С2Б	50	1,745	13,6	15,2	190	87,1	11,9	11,2	3,86	14,4	5,86	2,48	0,34	0,55	1,24	0,44	1,65
469	Орл.	Ia	9С1Б	55	0,600	25,6	23,8	331	111,3	14,1	19,4	7,59	25,7	7,45	4,04	0,51	0,91	2,82	1,00	2,14
470	Чер.	Ia	9С1Б	60	0,665	23,3	21,1	269	105,0	11,5	11,1	4,87	26,4	8,12	2,90	0,32	0,65	1,94	0,82	2,60
471	Длм.	III	6С4Б	70	0,955	15,6	15,6	134	65,2	10,3	10,8	3,0	26,7	8,2	2,33	0,37	0,40	1,61	0,85	2,01
472	Сфг.	Va	10С	50	0,995	10,5	5,0	28,2	12,8	2,54	2,51	0,9	7,73	11,92	0,40	0,08	0,07	0,20	0,23	3,63
Колищук, 1968						Украина, Карпаты: Черногора							1500 м над ур. м.				49° с.ш., 23° в.д.			
473	P. mugus	Vб	10С	60	18,850	–	3,0	56	27,9	–	9,99	8,92	48,1	1,71	1,89	0,21	0,63	1,90	0,55	0,61
Ремезов и др., 1959; Родин, Базилевич, 1965а						Мордовия: Мордовский заповедник											54°30′ с.ш., 45° в.д.			
474	Брс.	I	10С	71	0,820	25,0	24,1	443	184,0	–	18,4	8,60	63,6	–		2,8		2,4	0,9	–
						(С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ														
						Северная тайга														
Казимиров и др., 1977						Мурманская обл.											67°39′ с.ш., 31°05′ в.д.			
475	Вор.-чер.	V	9С1Б	46	12,489	4,6	6,6	102	48,1	6,74	5,23	3,24	11,90	9,23	1,40	0,20	0,48	0,70	0,34	2,06
Никонов, Цветков, 1984						Мурманская обл.: Хибины, Имандра											67°40′ с.ш., 33°50′ в.д.			
476	Лиш.	IV	10С	50	0,949	13,9	9,9	82	30,7	2,36	5,74	3,95	10,9	–	1,05	0,08	0,78	0,87	0,73	–
477	Лиш.-кус.	IV	10С	50	4,022	9,1	8,8	136	53,1	4,43	6,16	5,88	13,7	–	1,67	0,14	0,9	1,18	0,73	–
478	Брс.	V	10С	50	11,26	6,9	8,4	229	92,4	7,93	8,19	7,09	20,5	–	2,87	0,25	1,26	1,42	1,07	–
Чепурко, 1971, 1972						Мурманская обл.: Хибины											67°40′ с.ш., 33°50′ в.д.			
479	Мш.-кус.-лиш.	IV	10С	130	0,496	20,5	19,5	143	58,8	–	9,6	1,49	23,3	2,32	0,83	–	0,14	0,25	0,36	0,22
Иванчиков, Зябченко, 1977						Карелия: Воломский лесхоз											64° с.ш., 33° в.д.			
480	Вор.-брс.	Va	10С	140	1,640	14,2	12,7	194	100,6	9,33	11,0	4,77	21,8	8,68	0,70	–	0,34	0,62	0,14	1,15
481	То же	V	10С	190	0,496	21,5	15,8	154	70,1	5,0	8,35	2,31	15,4	9,38	0,61	–	0,28	0,52	0,14	0,88
482	Вор.-чер.	V	8С2Е	190	0,675	22,5	16,3	297	125,3	9,32	14,3	4,84	27,5	9,18	1,14	–	0,41	0,64	0,25	0,76

Электронный архив УГЛТУ

Иванчиков, Зябченко, 1977								Мурманская обл.: Зашеек													67° с.ш., 33° в.д.			
483	Вор.-чер.	V	10С	202	1,209	16,2	14,4	208	98,0	10,3	7,27	3,01	20,5	10,1	0,80	–	0,33	0,60	0,17	1,61
484	Вор.-брс.	V	10С	200	1,419	15,2	14,3	146	67,3	7,5	7,25	3,35	19,0	13,8	0,75	–	0,25	0,71	0,14	2,19
485	Вор.-лиш.	Va	10С	191	1,669	12,0	10,9	115	54,6	4,7	5,22	2,61	14,5	10,4	0,48	–	0,18	0,36	0,14	1,03
Бобкова, 2005								Республика Коми													64°30′ с.ш., 55°30′ в.д.			
486	Брс.-лиш.	V	10С	28	33,600	–	2,3	41,55	12,45	–	2,44	2,59	7,93	6,25	1,044	–	0,227	0,595	0,447	0,83
487	Глб.-чер.	V	6С4Б	28	83,000	–	2,5	65,75	15,1	–	3,44	2,60	8,73	9,78	1,614	–	0,208	1,541	0,634	2,04
488	Оск.-сфг.	Va	9С1Б	28	13,500	–	1,4	9,9	3,08	–	0,98	0,86	2,58	12,23	0,420	–	0,070	0,314	0,140	2,78
Тонконогов, Дорохова, 1968								Архангельская обл.: левобережье р.Мезень													65° с.ш., 45° в.д.			
489	Мш.-лиш.	IV	10С	140	0,909	26,0	19,0	290	139,0	–	19,6	6,2	40,7	3,39	1,00	–	0,84	1,30	0,44	0,56
Средняя тайга																								
Астрологова, 1978								Архангельская обл.: Плесецк													62°30′ с.ш., 41° в.д.			
490	Чер.	IV	10С	160	0,444	25,7	22,3	264	81,1	5,4	11,2	4,20	16,2	4,78			1,41			0,45
Астрологова, 1983								Архангельская обл.: Плесецк													62°30′ с.ш., 41° в.д.			
491	Чер.	Vб	3С4Б3Ос	16	4,500	–	1,1	10	–	–	–	–	–	–	5,53	–	1,43	0,98	–	–
492	То же	V	4С4Б2Ос	16	3,180	–	2,2	10	–	–	–	–	–	–	5,74	–	4,04	1,87	–	–
Южная тайга																								
Старцев, 2007								Костромская область: Красное на Волге													57°30′ с.ш., 41°30′ в.д.			
493	Чер.	II	9С1Б	92	0,429	25,9	23,6	227	103,3	8,3	9,0	3,6	–	–	1,7	0,1	1,8	1,4	–	–
494	Брс.	III	10С	122	0,468	28,6	23,2	330	145,7	8,3	20,5	5,6	–	–	2,2	0,1	2,9	2,2	–	–
(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																								
Средняя тайга																								
Русанова, Слобода, 1974								Коми: левобережье р. Вычегды, Сыктывкар													62° с.ш., 51° в.д.			
495	Лиш.	V	10С	80	1,232	16,0	13,0	133	39,4	4,15	16,6	7,65	21,5	7,10	0,65	–	0,54	0,80	0,39	0,25

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Бобкова и др., 1982			Коми, Княжпогостский район: Ляльский стационар												62°17′ с.ш., 50°40′ в.д.					
496	Чер.	IV	7С2Е1Б	70	3,062	16,0	15,0	240,0	111,4	7,94	12,5	8,1	33,1	0,93	3,82	0,46	1,53	1,79	1,71	0,53
									Южная тайга											
Абатуров, 1966			Челябинская обл.: Ильменский заповедник												55° с.ш., 60° в.д.					
497	Брс.	IV	10С	120	–	24,7	19,7	351	–	–	–	–	–	–	1,77	–	0,76	0,96	–	0,50
498	Яг.	III	10С	120	–	28,1	23,3	457	–	–	–	–	–	–	2,24	–	0,80	1,05	–	1,00
499	Рзт.-орл.	I	10С	120	–	38,2	31,0	596	–	–	–	–	–	–	2,96	–	0,76	1,21	–	1,40
Шадрина, 1968			Свердловская обл.: Тавда-Куминское междуречье												59°40′ с.ш., 62°30′ в.д.					
500	Гип.-оск.	Va	7С3Б	110	0,896	9,0	5,0	9,5	5,06	–	0,95		–	2,19	0,24	–	0,043		–	2,05
501	Сфг.-баг.-трв.	Va	9С1К	233	1,063	20,6	13,6	179	86,4	–	17,14		–	1,41	0,42	–	0,28		–	0,93
			(Е) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																	
			Средняя тайга																	
Ведрова, 2002			Красноярский край: р. Кас												59°40′ с.ш., 90° в.д.					
502	Лиш.	III	10С	40	2,514*	9,6	9,8	92,0	36,3	5,5	4,1	4,1	7,7	6,33	0,90	0,10	0,48	0,72	0,30	–
503	То же	IV	10С	80	0,985*	17,8	15,1	174	73,1	9,5	9,1	3,4	15,9	7,26	0,82	0,06	0,22	0,52	0,20	–
504	–"–	V	10С	100	0,602*	25,4	13,7	203	87,9	11,5	11,0	4,2	19,1	7,26	0,66	0,06	0,16	0,56	0,14	–
			Южная тайга																	
Базилевич, 1967			Новосибирская обл.: междуречье рек Тары и Оми												56° с.ш., 78° в.д.					
505	Сфг.	Vб	10С	100	1,420	7,0	5,0	31,0	15,0	–	2,4	1,3	2,7	15,6	0,16	–	0,026	0,185	0,029	3,00
Валуцкий, Храмов, 1976			Томская обл.: Плотниково											120 м над ур. м.	56°90′ с.ш., 83° в.д.					
506	Кус.-сфг.	Vб	10С	60	6,300	2,8	2,4	21	9,92	–	1,95	2,08	–	10,99	0,183	–	0,116	0,456	–	1,392
507	Кус.-оск.-сфг.	Vб	10С	110	1,807	9,6	6,6	76	36,7	–	5,97	3,36	–	12,1	0,528	–	0,238	0,676	–	2,715

Электронный архив УГЛТУ

Прохорова, 1972				Томск: Томский стационар														56°30′ с.ш., 85° в.д.		
508	Чер.-сфг.	Va	10С	110	1,251	17,0	13,3	205	93,9	–	13,3	5,99	52,1	2,97	0,42	–	0,36	0,97	0,29	2,47
Габеев, 1990				Томская обл.: Тимирязевский, Зырянское														56°25′–57° с.ш., 84°50′ – 86°30′ в.д.		
				Новосибирская обл.: Колывань														56° с.ш., 82°50′ в.д.		
509	Злм.-брс.	III	10С	25	18,653	4,1	6,4	100	41,8	5,81	4,26	3,71	9,74	1,49	2,56	3,61	1,04	1,34	0,69	0,39
510	–"–	III	10С	49	1,808	13,8	14,2	283	177,5	8,34	8,79	5,30	30,0	1,72	4,72	4,22	1,20	1,78	1,15	0,38
511	–"–	II	10С	70	1,867	16,5	19,4	393	232,9	9,29	11,9	5,27	47,2	2,04	3,99	3,49	1,24	1,71	0,89	0,42
512	–"–	III	10С	122	0,654	29,5	25,5	456	292,3	11,1	19,4	6,56	52,7	3,78	1,82	1,51	0,78	1,55	0,36	0,65
513	Злм.-чер.	III	7С3Б	37	5,140	5,9	9,1	138	64,8	7,65	11,5	4,83	20,2	2,23	5,05	–	1,35	2,13	1,26	0,73
514	То же	I	10С	65	2,166	14,9	22,4	439	178,9	11,1	12,6	7,06	40,2	3,72	6,49	–	1,57	2,25	1,56	0,93
515	–"–	II	10С	80	0,529	35,6	23,0	358	116,9	4,91	33,4	8,89	38,3	3,26	3,78	–	1,37	2,80	0,87	1,03
516	Рзт.	II	10С	31	7,551	7,6	10,4	179	124,8	10,1	17,9	8,43	30,7	0,18	5,71	–	1,49	2,61	1,39	0,04
517	То же	Ia	9С1Б	47	1,521	21,4	20,4	447	177,5	7,09	22,5	8,78	42,2	3,16	8,60	–	2,23	2,74	1,93	1,07
518	–"–	I	10С	67	0,704	29,1	22,2	445	189,7	5,99	22,9	9,43	47,3	3,96	7,31	–	1,69	2,90	1,63	1,18
519	–"–	Ia	4С6Б	70	0,288	33,0	25,8	139	52,8	–	12,5	2,84	–	5,45	2,48	–	0,99	1,56	0,53	0,93
Пьявченко, 1967				Томская обл.: Тимирязевский														56°30′ с.ш., 85° в.д.		
520	Кус.-сфг	V	10С	100	4,180	5,0	4,2	35	16,5	–	1,72	1,85	14,4	4,52	0,104	–	0,01	0,52	0,07	3,12
521	Трв.-сфг.	V	5С5Б	130	1,510	18,0	16,8	190	101,0	–	11,0	3,86	38,2	3,45	0,508	–	0,05	2,45	0,47	2,54
				Лесостепь																
Габеев, 1990				Новосибирская обл.: Ордынское, Бердск, Сузун														54°–54°40′ с.ш., 82°– 83° в.д.		
522	Злм.-брс.	IV	10С	16	26,028	1,9	3,2	36,7	12,8	2,49	2,31	2,77	5,63	1,17	1,72	–	0,77	1,11	0,52	0,10
523	То же	III	10С	34	9,518	5,5	8,4	181	68,9	7,10	4,69	4,50	19,0	0,82	2,79	–	0,99	1,39	0,67	0,09
524	–"–	III	10С	62	2,898	13,4	15,3	349	129,3	15,6	8,15	4,66	35,0	2,34	3,27	–	1,22	1,34	0,76	0,26
525	–"–	III	10С	99	0,573	25,0	21,8	365	142,7	19,2	10,3	5,89	45,6	3,46	1,68	–	0,89	1,39	0,32	0,33
526	–"–	III	10С	105	1,446	21,2	22,0	472	183,8	14,3	11,8	6,20	59,5	3,59	1,63	–	0,68	1,57	0,29	0,43
527	Рзт.	IV	7С3Б	15	70,250	1,2	2,8	31,6	12,1	2,37	2,95	7,02	3,06	0,32	3,47	–	1,16	3,80	1,05	0,06
528	То же	III	10С	28	7,756	6,7	8,1	124	49,7	6,38	8,83	6,93	14,2	0,28	4,89	–	1,42	3,04	2,06	0,28
529	–"–	I	10С	43	1,546	16,6	17,9	306	120,1	12,6	9,16	6,47	32,3	0,38	6,66	–	1,90	2,58	2,65	0,32
530	–"–	Ia	10С	65	0,898	22,5	26,8	427	165,0	14,9	24,5	8,80	50,1	0,62	6,39	–	1,33	2,73	3,14	0,58
531	–"–	I	10С	85	0,430	37,0	26,4	522	196,0	18,5	34,9	10,5	48,0	2,44	3,94	–	2,06	2,63	4,18	0,78
532	–"–	Ia	10С	131	0,272	40,6	35,7	556	303,8	19,7	13,9	8,95	63,6	3,56	1,41	–	1,08	2,48	3,77	1,44

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
								Степь												
Усольцев и др., 2005б			Тургайский прогиб, Аман-Карагайский бор																52°20′ с.ш., 64° в.д.	
533	–	IV	10С	20	12,29	3,3	3,3	31	11,85	2,93	1,86	3,39	13,8	31,0	3,94	0,713	0,741	1,23	–	16,8
534	–	V–Va	10С	42	56,33	2,5	4,9	120	55,78	10,64	2,95	3,98	18,8	81,5	6,89	0,875	0,316	1,24	–	21,2
535	–	II	10С	40	9,621	8,3	12,8	376	155,2	18,00	5,85	3,57	54,3	218,9	13,19	0,779	0,524	1,15	–	50,1
536	–	III	10С	32	19,91	5,1	7,6	196	78,6	13,77	3,55	6,11	41,5	129,8	10,76	1,22	0,448	1,74	–	41,4
537	–	IV	10С	42	19,14	5,2	8,8	252	104,9	15,67	4,04	4,36	35,5	148,8	10,29	0,49	0,481	1,32	–	35,5
538	–	I	10С	40	2,049	15,2	14,7	268	102,8	10,7	7,32	11,53	56,2	177,8	11,14	0,281	0,895	1,84	–	52,2
539	–	II	10С	40	3,197	12,6	13,8	248	90,1	10,6	6,33	4,62	54,2	155,3	5,69	0,13	0,668	1,39	–	44,2
540	–	Ia	10С	40	2,271	17,0	17,8	432	152,3	13,2	13,88	11,5	77,1	254,8	17,65	0,263	1,74	1,85	–	72,4
541	–	III	10С	110	1,350	22,0	21,4	427	207,0	15,55	11,84	4,59	58,7	282,1	7,95	0,041	0,387	0,81	–	46,2
542	–	II	10С	21	6,050	7,0	6,6	114	39,41	7,74	5,39	4,93	37,2	86,9	6,10	0,55	0,798	1,62	–	36,4
543	–	III–IV	10С	20	44,43	3,0	2,8	126	48,72	10,6	4,79	7,17	41,7	102,4	10,74	1,04	0,766	2,042	–	47,3
544	–	III–IV	10С	20	19,76	3,6	4,3	68	25,5	5,63	4,62	8,1	24,8	63,0	1,45	0,273	1,172	2,153	–	23,6
Токмурзин, Нурпеисов, 1976; Нурпеисов, 1976			Восточный Казахстан, Павлодарская обл.: Шалдай																52° с.ш., 78°45′ в.д.	
545	Св.	IV	10С	20	7,600	5,6	4,7	49	20,7	3,8	1,96	3,58	12,6	–	–	–	–	0,96	–	–
546	То же	III	10С	30	5,902	7,2	7,5	94	41,4	6,3	4,66	4,75	13,2	–	2,07	0,32	0,27	1,25	–	–
547	–"–	III	10С	40	4,375	9,0	10,6	144	65,0	8,6	7,54	5,54	14,3	–	2,36	0,31	0,29	1,45	–	–
548	–"–	III	10С	60	2,190	13,7	15,9	231	109,6	11,5	12,4	6,04	17,7	–	2,17	0,23	0,23	1,58	–	–
549	–"–	III	10С	80	1,323	18,3	19,4	304	148,2	13,1	16,0	5,95	22,7	–	1,81	0,16	0,16	1,55	–	–
550	–"–	III	10С	100	0,939	22,3	21,6	356	178,6	13,7	18,3	5,54	29,2	–	1,43	0,11	0,1	1,43	–	–
551	–"–	III	10С	120	0,730	25,7	22,8	397	202,2	13,6	19,4	5,05	37,4	–	1,09	0,07	0,002	1,31	–	–
552	Вл.	II	10С	20	6,500	7,1	6,6	86	36,5	5,2	3,46	4,81	–	–	–	–	–	1,28	–	–
553	То же	II	10С	30	4,848	9,2	10,9	162	71,2	8,5	7,46	6,21	–	–	3,47	0,41	0,4	1,64	–	–
554	–"–	I	10С	40	3,168	12,0	15,3	241	108,7	11,2	11,4	7,05	–	–	3,75	0,39	0,4	1,85	–	–
555	–"–	I	10С	60	1,341	19,8	21,2	357	169,5	13,9	17,0	7,14	–	–	2,95	0,24	0,26	1,86	–	–

Электронный архив УГЛТУ

556	–"–	I	10С	80	0,776	27,3	24,8	452	220,8	15,2	20,9	6,77	–	–	2,46	0,17	0,18	1,75	–	–
557	–"–	I	10С	100	0,572	32,9	27,2	532	266,3	15,7	23,8	6,29	–	–	2,22	0,13	0,14	1,63	–	–
558	–"–	III	10С	20	7,031	6,4	5,6	67	28,3	4,7	2,69	4,36	–	–	–	–	–	1,16	–	–
559	–"–	III	10С	30	5,259	8,3	9,3	129	56,9	7,8	6,24	5,82	–	–	2,86	0,39	0,35	1,53	–	–
560	–"–	II	10С	40	3,764	10,4	13,0	194	87,3	10,4	9,76	6,65	–	–	3,04	0,36	0,35	1,74	–	–
561	–"–	II	10С	60	1,735	16,4	18,7	295	140,1	13,3	15,1	6,96	–	–	2,56	0,24	0,25	1,81	–	–
562	–"–	II	10С	80	1,015	22,4	22,4	380	185,6	14,8	19,0	6,66	–	–	2,19	0,17	0,24	1,73	–	–
563	–"–	II	10С	100	0,703	27,7	24,7	446	223,3	15,3	21,6	6,22	–	–	1,77	0,12	0,11	1,61	–	–
564	–"–	II	10С	120	0,553	31,8	26,2	497	253,1	15,3	23,3	5,64	–	–	1,35	0,08	0,07	1,46	–	–
565	Сух.	IV	10С	20	8,888	4,8	3,4	24	10,0	2,0	0,93	1,88	–	–	–	–	–	0,50	–	–
566	То же	IV	10С	30	6,645	6,3	5,8	64	28,3	4,7	3,24	3,53	–	–	1,83	0,3	0,23	0,93	–	–
567	–"–	IV	10С	40	5,041	7,8	8,1	101	45,4	6,5	5,4	4,2	–	–	1,71	0,24	0,22	1,10	–	–
568	–"–	IV	10С	60	2,679	11,6	12,9	174	82,7	9,4	9,67	4,97	–	–	1,86	0,21	0,21	1,29	–	–
569	–"–	IV	10С	80	1,593	15,7	16,1	241	117,4	12,6	13,0	5,06	–	–	1,68	0,18	0,15	1,32	–	–
570	–"–	IV	10С	100	1,130	19,0	18,0	277	138,9	11,5	14,8	4,67	–	–	1,07	0,09	0,08	1,21	–	–
571	–"–	IV	10С	120	0,866	22,0	19,1	306	155,6	11,0	15,8	4,22	–	–	0,77	0,05	0,04	1,09	–	–
572	Оч. сух.	V	10С	20	9,572	4,2	2,6	20	8,4	1,8	0,76	1,68	–	–	–	–	–	0,45	–	–
573	То же	V	10С	30	7,120	5,6	4,5	44	19,5	3,4	2,24	2,6	–	–	1,11	0,19	0,15	0,69	–	–
574	–"–	V	10С	40	5,756	6,9	6,4	72	32,5	5,0	3,92	3,21	–	–	1,3	0,2	0,17	0,84	–	–
575	–"–	V	10С	60	3,073	10,2	10,2	129	61,5	7,5	7,37	3,95	–	–	1,47	0,18	0,17	1,03	–	–
576	–"–	V	10С	80	1,850	13,7	13,2	181	88,4	9,1	10,2	4,11	–	–	1,27	0,13	0,13	1,07	–	–
577	–"–	V	10С	100	1,295	16,7	14,9	213	106,5	9,4	11,7	3,84	–	–	0,77	0,07	0,06	0,99	–	–
578	–"–	V	10С	120	0,986	19,3	15,8	231	117,4	9,4	12,3	3,42	–	–	0,49	0,04	0,02	0,89	–	–
Нурпеисов, 1986								Восточный Казахстан, Павлодарская обл.: Чалдай									52° с.ш., 78°45′ в.д.			
579	Св.	III	10С	20	27,03	3,1	5,3	75	31,7	6,0	2,9	5,6	12,1	–	2,20	0,42	0,20	1,50	0,90	–
580	–"–	III	10С	60	2,247	14,2	17,5	291	138,2	14,4	15,6	7,6	16,4	–	1,80	0,19	0,20	2,00	0,20	–
581	–"–	III	10С	80	1,215	19,8	19,8	333	162,5	14,3	17,4	6,5	21,6	–	1,10	0,10	0,08	1,70	0,10	–
582	–"–	III	10С	120	0,754	25,6	21,8	367	186,7	12,8	18,2	4,7	38,6	–	0,40	0,03	–	1,30	0,10	–
Журавлева, 1974								Восточный Казахстан, Семипалатинская обл.: Бородулиха									50° с.ш., 80° в.д.			
583	Западин. бор	IV	10С	60	2,825	11,5	12,0	178	100,7	7,5	14,8	8,81	25,2	0,54	1,65	0,13	1,86	2,64	1,40	0,54
584	Сух. бор	III	10С	40	2,940	10,2	11,0	140	83,1	7,1	13,0	14,1	24,3	1,06	1,74	0,16	2,10	2,75	1,64	1,06

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
(F) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Северная тайга																				
Горбатенко, 1970			Красноярский край: Туруханск												66° с.ш., 87°30′ в.д.					
585	Брс.-злм.	V	10С	98	0,392	22	15	115	54,5	5,7	7,8	3,1	13,7	4,74	0,490	–	0,227	0,517	0,305	2,03
586	То же	Va	10С	119	0,589	19	14	125	58,0	5,3	6,5	2,8	15,8	4,05	0,464	–	0,14	0,467	0,27	1,87
587	–"–	V	10С	136	0,508	23	16	171	81,6	7,2	9,3	3,4	23,7	3,25	0,351	–	0,197	0,68	0,242	1,82
588	–"–	IV	10С	176	0,377	27	19	186	88,1	8,1	11,2	4,0	25,4	3,93	0,264	–	0,192	0,667	0,244	1,91
589	Лиш.	IV	10С	183	0,568	27	17	195	89,9	8,5	9,8	3,9	27,4	1,04	0,288	–	0,17	0,65	0,247	0,102
590	То же	V	10С	51	–	–	–	55,8	25,5	–	4,50	3,20	8,40	2,94	0,494	–	0,266	0,64	0,422	0,555
Средняя тайга																				
Горбатенко, 1970			Красноярский край: Бахта												62° с.ш., 90° в.д.					
591	Лиш.	IV	10С	39	7,925	7,0	9	144	64,0	6,2	6,9	2,6	16,0	1,52	1,79	–	0,559	0,65	1,17	0,132
592	То же	IV	10С	77	0,784	18	16	197	91,2	9,0	9,1	3,3	17,5	3,29	1,46	–	0,368	0,66	0,602	0,001
593	–"–	V	10С	157	0,901	21	17	267	119,9	11,9	7,8	3,0	29,7	1,50	0,600	–	0,205	0,60	0,327	0,106
594	Брс.-злм.	III	10С	66	1,845	15	18	274	123,9	12,1	7,6	5,1	24,8	2,21	2,16	–	0,413	1,02	0,794	0,868
595	То же	III	10С	160	0,940	23	23	431	197,0	18,8	10,0	4,0	37,0	3,29	0,847	–	0,223	0,80	0,222	1,78
596	–"–	III	10С	138	–	–	–	382	156,2	–	11,5	4,4	30,9	2,83	0,797	–	0,237	0,88	0,414	1,12
Южная тайга																				
Кулагина, 1978			Иркутская обл.: Братск												56°30′ с.ш., 101°50′ в.д.					
597	Рзт.-брс.	II	6С2Л2Б	75	1,587	18,7	18,4	259	108,9	10,5	7,0	6,3	57,2	2,2	5,88	–	0,57	1,46	1,07	0,44
598	Рдд.-брс.	III	10С	70	1,698	16,0	16,8	305	128,2	8,8	6,5	4,8	39,2	0,77	5,70	–	0,57	0,87	6,18	0,20
599	Брс.-злм.	III	8С1Л1Б	95	1,706	19,4	19,0	391	163,4	8,0	11,6	6,0	63,7	2,00	4,48	–	0,63	1,65	11,0	0,51

Электронный архив УГЛТУ

Pinus sylvestris var. *mongolica*

(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

Южная тайга

Xu et al., 1988 Китай: Большой Хинган, пров. Хэйлунцзян 650 м над ур. м. 52°30′ с.ш., 124°30′ в.д.

600	Rhodod.	IV	10C	100	0,467	18,0	19,0	107,0	28,3	–	7,13	2,95	8,19	–	1,11	–	0,137	1,81	0,197	–

Pinus sylvestris

(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Красноярская лесостепь

Горбатенко, 1970 Красноярский край: Сухобузимское 56°20′ с.ш., 93° в.д.

601	Рзт.	II	–	19	–	–	–	65	22,0	–	4,44	6,3	9,17	0,48	1,41	–	0,67	1,58	0,59	0
602	То же	II	–	26	–	–	–	133	52,7	–	7,65	5,75	16,2	0,43	2,17	–	0,91	1,44	0,64	0,39
603	Брс.-злм.-рзт.	I	–	59	–	–	–	328	134,0	–	16,5	5,22	28,4	1,64	3,08	–	1,03	1,04	0,65	0,86
604	Злм.-рзт.	I	–	63	–	–	–	326	135,0	–	19,8	6,26	28,1	1,52	2,97	–	0,99	1,25	0,68	1,19
605	Костр.-оск.-рзт.	I	–	68	–	–	–	420	171,9	–	18,9	6,68	30,9	1,95	3,95	–	1,04	1,34	0,71	1,75
606	Брс.-рзт.	III	–	70	–	–	–	331	152,5	–	13,5	8,80	37,0	1,60	2,28	–	0,68	1,47	0,56	0,79

Горбатенко, 1970 Тува: Кызыл 51°45′ с.ш., 94°30′ в.д.

607	Остеп. бор	III	–	16	–	–	–	15,5	6,5	–	2,70	2,90	3,1	0	0,43	–	0,047	0,58	0,29	0
608	То же	III	–	34	6,401	6,0	9,0	96	43,7	–	12,5	4,50	10,5	0,80	1,62	–	0,81	0,90	0,68	0,062
609	–"–	III	–	51	1,871	14,0	13,0	185	83,7	–	13,1	5,20	19,7	0,49	1,76	–	0,99	0,87	0,89	0,051
610	–"–	III	–	70	0,576	22	17	219	105,2	–	16,7	5,30	21,0	1,67	1,26	–	0,84	0,88	0,46	0,143
611	–"–	IV	–	80	0,577	24	16	219	101,5	–	16,9	6,00	22,4	1,35	1,01	–	0,76	1,00	0,67	0,110
612	–"–	IV	–	100	0,648	24	18	290	136,4	–	21,5	6,80	29,3	0,93	1,06	–	0,76	0,97	0,62	0,074
613	–"–	III	–	126	0,359	33	23	353	155,6	–	19,9	6,30	32,6	0,76	0,88	–	0,63	1,05	0,49	0,059
614	–"–	IV	–	160	–	–	–	170	73,7	–	11,5	4,20	18,0	0,07	0,22	–	0,24	0,60	0,094	0,012

Лащинский, 1981 Красноярский край: Тасеево 57° с.ш., 95° в.д.

615	Рзт.-крн.	II	10C	236	0,137	50,7	28,1	291	132,3	9,84	22,0	8,50	44,1	2,2	0,13	–	2,53	2,37	3,39	2,18
616	Тлк.-брс.	IV	10C	137	0,241	22,2	20,5	130	59,5	4,88	13,6	3,18	11,0	1,94	0,193	–	1,90	0,69	0,05	0,54

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Pinus densiflora																				
(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА																				
Хвойно-широколиственные леса																				
Satoo, 1968			О-в Хонсю: Акита										300 м над ур. м.		39°02′ с.ш., 141°21′ в.д.					
617	–	Ia	10C	15	–	–	8,0	91,1	41,9	–	6,3	4,6	10,9	–	7,5	–	2,73	4,24	1,32	–
Satoo, 1981 (цит. по: DeAngelis et al., 1981)			О-в Хонсю: Акита										300 м над ур. м.		39°02′ с.ш., 141°21′ в.д.					
618	–	Ia	10C	20	6,600	7,89	10,2	154	70,9	–	15,6	6,76	22,9	–		11,33		1,25	–	–
4б. КУЛЬТУРЫ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS*)																				
Pinus nigra																				
(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Широколиственные леса																				
Miller et al., 1976 а, б			Шотландия: Маришир (Morayshire)										50 м над ур. м.		57°39′ с.ш., 3°40′ з.д.					
619	–	II	10C	39	2,110	15,4	12,9	161	91,7	13,3	14,8	7,4	28,1	0,4	4,36	0,78	1,79	3,18	1,46	–
620	–	II	10C	39	2,110	15,7	13,3	167	95,2	14,8	18,0	9,8	36,1	0,8	5,91	1,01	2,20	4,01	4,39	–
621	–	II	10C	39	2,110	15,9	13,3	178	101,4	15,2	16,9	11,8	33,8	0,4	8,00	1,12	2,05	4,97	3,16	–
622	–	II	10C	39	2,110	15,9	13,2	179	101,8	15,0	16,7	13,4	31,7	0,8	8,42	0,94	1,87	5,37	2,81	0,8*
623	–	II	10C	39	2,110	16,0	13,1	192	109,2	16,7	16,7	14,8	37,0	0,1	6,84	1,14	1,90	5,46	4,37	–
Minderman, 1967			Нидерланды, Северная Голландия: Баккум (North Holland, Bakkum)										4 м над ур. м.		52°34′ с.ш., 04°39′ в.д.					
624	–	III	10C	22	4,757	10,6	6,2	97*	45,5	–	27,7	9,40	16,4	–	4,1	–	2,0	4,0	–	–
Künstle et al., 1979			Германия, долина Верхнего Рейна												49° с.ш., 09° в.д.					
625	–	III	10C	18	8,210	6,8	4,9	78	44,5	–	8,9	14,4	–	–	5,0	–	2,5	4,2	3,3	–

Электронный архив УГЛТУ

Pinus sylvestris

Cermák et al., 1998; Xiao et al., 2003					Бельгия: Антверпен								16 м над ур. м.		51°18′ с.ш., 4°31′ в.д.						
626	Rhodod.	II	10C	66	0,538	27,1	20,6	440*	146,5	–	18,7	3,9	28,7	–	2,4	–	1,1	2,5	3,5	–	
Xiao et al., 2003					Бельгия: Антверпен								16 м над ур. м.		51°18′ с.ш., 4°31′ в.д.						
627	Rhodod.	II	10C	73	0,374	29,4	21,4	394*	131,2	–	17,8	3,5	22,3	–	1,7	–	0,7	2,3	2,2	–	
Yuste et al., 2005					Бельгия: Антверпен								16 м над ур. м.		51°18′ с.ш., 4°31′ в.д.						
628	Rhodod.	II	10C	75	0,362	29,7	21,5	322*	122,6	–	16,8	3,4	25,2	–	0,4	–	0,5	2,2	3,6	–	
Künstle et al., 1979					Германия, долина Верхнего Рейна										49° с.ш., 09° в.д.						
629	–	III	10C	18	8,730	5,9	5,4	64	30,0	–	5,7	7,9	–	–	3,5	–	1,3	4,2	3,1	–	
Vyškot, 1983					Чехия, близ Брно								370 м над ур. м.		49°15′ с.ш., 16°37′ в.д.						
630	–	I	10C	30	2,401	12,2	12,9	180	68,5	5,81	10,2	5,33	12,3	–	2,63	–	0,60		0,474	–	
Димитров и др., 1986, 1987; Беляков и др., 1985; Кръстанов и др., 1976					Болгария: Пазарджик, Пловдив, Кырджали, Хасково										43° с.ш., 23–25° в.д.						
631		I	10C	10	5,600	6,2	4,8	84	48,7	6,6	11,4	4,6	–	–	8,4	1,14	1,9	0,7	–	–	
632		Iб	10C	20	3,099	11,3	11,6	221	106,5	10,7	21,3	6,9	–	–	5,5	0,55	0,9	0,2	–	–	
633		Iб	10C	30	1,761	16,5	16,5	333	144,4	11,9	26,3	7,9	–	–	3,6	0,30	0,4	0,1	–	–	
634		Iб	10C	40	1,213	21,0	20,2	424	174,8	12,7	29,8	8,4	–	–	2,9	0,21	0,3	0,1	–	–	
635		Ia	10C	50	0,861	25,5	22,8	491	201,1	13,2	32,1	8,8	–	–	2,5	0,16	0,2	–	–	–	
636		I	10C	10	5,814	5,6	4,3	75	31,0	4,3	7,7	3,1	–	–	5,3	0,74	1,3	0,4	–	–	
637		Ia	10C	20	3,485	9,9	9,9	194	75,8	7,8	16,2	4,9	–	–	4,3	0,44	0,8	0,1	–	–	
638		Ia	10C	30	2,187	14,0	14,7	290	101,2	8,8	19,9	5,8	–	–	2,3	0,20	0,3	0,1	–	–	
639		Ia	10C	40	1,566	17,5	18,0	369	123,0	9,5	22,8	6,3	–	–	2,2	0,17	0,3	–	–	–	
640		II	10C	50	1,144	21,1	20,4	430	143,0	9,8	24,9	6,7	–	–	1,9	0,13	0,2	–	–	–	
641		I	10C	10	6,028	5,0	3,8	65	23,8	3,7	5,9	2,8	–	–	4	0,62	0,9	0,4	–	–	
642		I	10C	20	3,871	8,7	8,9	164	54,7	6,4	11,8	4,5	–	–	3	0,35	0,5	0,1	–	–	
643		I	10C	30	2,613	12,0	12,8	251	78,4	7,4	15,1	5,5	–	–	2,2	0,21	0,3	0,1	–	–	
644		I	10C	40	1,919	14,9	15,8	316	96,8	8,0	17,3	6,0	–	–	1,8	0,15	0,2	–	–	–	
645		II	10C	50	1,426	17,9	18,1	361	110,4	8,3	18,4	6,4	–	–	1,2	0,09	0,1	–	–	–	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
646	–	II	10С	10	6,242	4,3	3,3	56	14,9	2,5	3,5	1,7	–	–	2,4	0,40	0,5	0,2	–	–
647	–	II	10С	20	4,256	7,5	7,6	134	35,2	4,5	7,6	3,0	–	–	2	0,26	0,4	0,1	–	–
648	–	II	10С	30	3,039	10,2	10,9	203	49,6	5,4	10,0	3,4	–	–	1,3	0,14	0,2	–	–	–
649	–	II	10С	40	2,272	12,7	13,5	267	60,8	5,9	11,7	3,7	–	–	1	0,10	0,2	–	–	–
650	–	II	10С	50	1,709	15,4	15,7	314	69,9	6,1	12,7	3,8	–	–	0,8	0,07	0,1	–	–	–
(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Хвойно-широколиственные леса																				
Уткин и др., 1996				Ярославская обл.: Рыбинск											58°06′ с.ш., 38°42′ в.д.					
651	–	Ia	10С	22	4,235	10,6	11,8	248	83,5	8,16	14,4	8,26	–	–	6,63	0,65	4,13	3,85	–	–
652	–	Ia	10С	29	3,280	12,3	14,4	305	105,4	9,39	10,9	5,87	–	–	3,99	0,36	2,23	2,75	–	–
Уткин и др., 1986				Ярославская обл.: Тутаев											58° с.ш., 39°40′ в.д.					
653	–	Ia	10С	36	3,465	17,0	17,8	261	102,1	7,44	10,6	4,60	–	–	4,4	0,32	2,33	2,21	–	–
654	–	Iб	9С1Б	38	3,262	17,0	19,4	441	163,1	11,36	12,4	4,47	–	–	6,25	0,44	2,32	2,21	–	–
Широколиственные леса																				
Смоляк и др., 1974				Белоруссия; Полесье: Василевичи, Ивацевичи											52°30′ с.ш., 25°–30° в.д.					
655	–	Ia	10С	13	5,950	5,8	6,8	62	20,5	3,2	6,43	4,72	–	–	3,43	0,54	1,39	2,07	–	–
656	–	I	10С	15	6,000	6,2	6,1	67	23,9	2,95	7,88	5,77	–	–	3,91	0,48	2,07	2,7	–	–
657	–	Ia	10С	27	2,783	11,4	13,0	220	84,4	5,66	11,8	5,64	–	–	5,46	0,37	0,91	2,08	–	–
658	–	I	10С	36	1,906	13,0	13,4	171	90,2	5,08	13,2	5,82	–	–	5,42	0,31	1,02	2,4	–	–
659	–	II	10С	53	1,220	17,8	16,2	244	122,5	8,89	11,9	3,85	–	–	3,56	0,26	0,93	1,91	–	–
Кожевников и др., 1984				Белоруссия											52° с.ш., 28° в.д.					
660	Кис.	Iб	10С	15	4,830	8,1	9,1	123	44,4	4,06	9,65	8,6	–	–	5,26	0,48	2,88	3,5	–	–
661	То же	Iб	10С	20	3,700	10,5	12,2	198	69,8	4,91	12,5	9,71	–	–	5,58	0,39	2,91	3,85	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

662	_"_	Iб	10С	30	2,150	15,3	17,4	327	115,6	8,14	17,2	10,1	–	–	6,32	0,45	2,69	3,86	–	–
663	_"_	Iб	10С	40	1,430	19,6	21,4	427	150,5	10,6	21	9,7	–	–	5,98	0,42	2,39	3,64	–	–
664	_"_	Iб	10С	50	1,070	23,2	24,4	502	–	–	–	–	–	–	4,98	–	2,03	3,34	–	–
665	_"_	Iб	10С	60	0,850	26,4	26,6	556	195,5	13,8	25,2	8,29	–	–	4,19	0,30	1,75	3,03	–	–
666	_"_	Ia	10С	70	0,690	29,4	28,3	600	–	–	–	–	–	–	3,8	–	1,47	2,77	–	–
667	_"_	Ia	10С	80	0,580	32,3	29,7	636	224,2	15,8	27,2	7,16	–	–	3,46	0,24	1,3	2,59	–	–
668	_"_	Ia	10С	90	0,500	35,0	31,0	668	–	–	–	–	–	–	3,15	–	1,16	2,42	–	–
669	_"_	Ia	10С	100	0,450	36,8	32,4	700	246,7	17,3	28,5	6,37	–	–	3	0,21	1,04	2,29	–	–
670	_"_	Iб	10С	15	2,950	9,2	9,2	96	32,5	2,29	12,1	12,7	–	–	5,67	0,40	4,38	4,66	–	–
671	_"_	Iб	10С	20	1,750	13,0	12,5	144	48,4	3,41	14,2	12,7	–	–	6,37	0,45	3,75	4,64	–	–
672	_"_	Iб	10С	30	0,970	20,1	18,0	256	86,9	6,12	19,1	12,6	–	–	6,63	0,47	3,23	4,57	–	–
673	_"_	Iб	10С	40	0,720	25,7	22,1	372	127,4	8,96	23,9	12,3	–	–	6	0,42	2,95	4,44	–	–
674	_"_	Iб	10С	50	0,570	30,2	25,3	456	–	–	–	–	–	–	4,98	–	2,51	4,03	–	–
675	_"_	Iб	10С	60	0,470	33,8	27,6	510	179,1	12,6	26,8	10	–	–	4,17	0,29	2,14	3,59	–	–
676	_"_	Iб	10С	70	0,400	38,2	29,3	588	–	–	–	–	–	–	3,75	–	1,78	3,17	–	–
677	_"_	Ia	10С	80	0,360	41,1	30,7	636	209,9	14,8	27	8,19	–	–	3,41	0,24	1,56	2,93	–	–
678	_"_	Ia	10С	90	0,320	43,8	32,0	668	–	–	–	–	–	–	3,11	–	1,35	2,66	–	–
679	_"_	Ia	10С	100	0,300	45,5	33,4	700	232,1	16,3	27,1	6,89	–	–	2,96	0,21	1,19	2,48	–	–
680	Чер.	Ia	10С	15	5,810	6,7	7,4	87	31,6	3,06	7,56	6,81	–	–	4	0,39	2,07	2,76	–	–
681	То же	Ia	10С	20	4,400	9,0	10,4	152	53,6	3,77	10,1	8,15	–	–	5,1	0,36	2,39	3,22	–	–
682	_"_	Ia	10С	30	2,670	13,2	15,1	269	94,8	6,67	14,5	8,95	–	–	5,2	0,37	2,26	3,42	–	–
683	_"_	Ia	10С	40	1,810	16,9	18,6	357	125,9	8,86	18,1	9,16	–	–	5,36	0,38	2,05	3,3	–	–
684	_"_	Ia	10С	50	1,340	20,2	21,2	423	–	–	–	–	–	–	4,56	–	1,75	3,05	–	–
685	_"_	Ia	10С	60	1,038	23,3	23,3	475	167,5	11,8	22,1	7,69	–	–	3,73	0,26	1,53	2,79	–	–
686	_"_	Ia	10С	70	0,846	26,1	24,9	515	–	–	–	–	–	–	3,16	–	1,3	2,59	–	–
687	_"_	I	10С	80	0,720	28,6	26,3	549	193,6	13,7	24,6	6,82	–	–	2,9	0,21	1,16	2,46	–	–
688	_"_	I	10С	90	0,620	31,0	27,5	579	–	–	–	–	–	–	2,73	–	1,05	2,3	–	–
689	_"_	I	10С	100	0,560	32,9	28,6	609	214,4	15,1	26,3	6,19	–	–	2,61	0,18	0,95	2,2	–	–
690	_"_	Ia	10С	15	4,750	7,2	7,6	83	27,2	1,91	9,58	10,7	–	–	4,15	0,29	3,57	3,89	–	–
691	_"_	Ia	10С	20	2,370	11,1	10,8	128	39,8	2,8	11,8	11,3	–	–	5,33	0,37	3,18	4,09	–	–
692	_"_	Ia	10С	30	1,120	17,8	15,6	206	67,7	4,76	16,4	11,5	–	–	5,92	0,42	2,79	4,13	–	–
693	_"_	Ia	10С	40	0,760	23,3	19,2	286	94,9	6,68	20	11	–	–	5,55	0,39	2,46	3,96	–	–
694	_"_	Ia	10С	50	0,600	27,5	22,0	354	–	–	–	–	–	–	4,65	–	2,12	3,59	–	–
695	_"_	Ia	10С	60	0,530	30,5	24,4	420	136,9	9,58	23,1	9,12	–	–	3,78	0,26	1,82	3,22	–	–

Продолжение прил. 16

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
696	–"–	Ia	10C	70	0,480	32,9	26,2	473	–	–	–	–	–	–	3,12	–	1,53	2,9	–	–
697	–"–	Ia	10C	80	0,440	35,5	27,7	528	174,5	12,3	24	7,7	–	–	2,85	0,20	1,35	2,71	–	–
698	–"–	I	10C	90	0,400	38,2	28,7	573	–	–	–	–	–	–	2,69	–	1,19	2,49	–	–
699	–"–	I	10C	100	0,370	40,3	29,7	609	201,5	14,1	24,7	6,64	–	–	2,58	0,18	1,05	2,34	–	–
700	Мш.	II	10C	15	7,510	5,1	5,8	56	20,2	1,84	5,47	5,02	–	–	3,26	0,30	1,79	2,03	–	–
701	То же	I	10C	20	5,630	7,2	8,4	107	37,7	2,65	7,8	6,6	–	–	3,85	0,27	1,87	2,6	–	–
702	–"–	I	10C	30	3,460	10,9	12,5	204	71,8	5,06	11,9	7,81	–	–	4,66	0,33	1,85	2,97	–	–
703	–"–	I	10C	40	2,340	14,1	15,6	281	98,8	6,97	15,2	7,95	–	–	4,23	0,30	1,68	2,95	–	–
704	–"–	I	10C	50	1,760	17,0	17,9	339	–	–	–	–	–	–	3,73	–	1,48	2,75	–	–
705	–"–	I	10C	60	1,360	19,8	19,8	387	136	9,6	19	7,1	–	–	2,97	0,21	1,3	2,56	–	–
706	–"–	I	10C	70	1,100	22,3	21,4	427	–	–	–	–	–	–	2,51	–	1,14	2,4	–	–
707	–"–	II	10C	80	0,920	24,6	22,8	462	162,2	11,5	21,9	6,46	–	–	2,25	0,16	1,03	2,3	–	–
708	–"–	II	10C	90	0,800	26,6	24,0	493	–	–	–	–	–	–	1,98	–	0,94	2,18	–	–
709	–"–	II	10C	100	0,720	28,3	25,1	521	182,9	13	24	5,96	–	–	1,86	0,13	0,86	2,11	–	–
710	–"–	I	10C	15	7,510	5,1	6,0	56	19,7	1,39	7,07	8,72	–	–	3,33	0,23	2,78	3,14	–	–
711	–"–	I	10C	20	3,880	8,0	8,6	90	29,9	2,11	9,4	9,86	–	–	3,98	0,28	2,63	2,55	–	–
712	–"–	I	10C	30	1,780	13,7	12,8	164	55,5	3,91	13,7	10,4	–	–	4,76	0,34	2,36	3,7	–	–
713	–"–	I	10C	40	1,040	19,0	16,1	224	74,9	5,27	15,3	9,74	–	–	4,57	0,32	2,01	3,51	–	–
714	–"–	I	10C	50	0,730	23,4	18,7	270	–	–	–	–	–	–	3,83	–	1,73	3,17	–	–
715	–"–	I	10C	60	0,650	26,6	20,6	337	112,3	7,9	19,4	8,23	–	–	3	0,21	1,52	2,88	–	–
716	–"–	I	10C	70	0,590	29,1	22,2	398	–	–	–	–	–	–	2,47	–	1,31	2,65	–	–
717	–"–	I	10C	80	0,550	31,5	23,5	451	149,9	10,6	21	7,19	–	–	2,21	0,16	1,17	2,5	–	–
718	–"–	II	10C	90	0,510	33,4	24,8	491	–	–	–	–	–	–	1,95	–	1,06	2,35	–	–
719	–"–	II	10C	100	0,470	35,1	26,0	521	171,2	12	22,5	6,4	–	–	1,83	0,13	0,94	2,22	–	–
720	–"–	III	10C	15	9,860	3,8	4,6	37	13,4	0,91	3,36	3,24	–	–	2,4	0,16	1,26	1,32	–	–
721	–"–	II	10C	20	6,980	5,8	6,8	73	25,7	1,81	5,47	5,05	–	–	2,7	0,19	1,37	1,99	–	–
722	–"–	II	10C	30	4,270	9,1	10,3	151	53,2	3,75	9,29	6,69	–	–	3,5	0,25	1,44	2,55	–	–
723	–"–	II	10C	40	3,020	11,8	12,9	213	75,1	5,28	12,3	7,08	–	–	3,34	0,23	1,37	2,63	–	–

Электронный архив УГЛТУ

724	–"–	II	10C	50	2,270	14,2	14,9	263	–	–	–	–	–	–	2,7	–	1,22	2,48	–	–
725	–"–	III	10C	60	1,800	16,4	16,5	303	106,8	7,52	16	6,5	–	–	2,17	0,15	1,1	2,34	–	–
726	–"–	III	10C	70	1,460	18,6	17,8	338	–	–	–	–	–	–	1,79	–	0,99	2,24	–	–
727	–"–	III	10C	80	1,210	20,8	19,1	370	130,5	9,22	19,2	6,1	–	–	1,45	0,10	0,91	2,17	–	–
728	–"–	III	10C	90	1,020	22,9	20,4	401	–	–	–	–	–	–	1,22	–	0,85	2,08	–	–
729	–"–	III	10C	100	0,890	24,8	21,6	431	153,5	10,9	21,7	5,77	–	–	1,18	0,08	0,79	2,04	–	–
730	–"–	III	10C	15	9,880	3,8	4,9	37	13,4	0,94	4,57	6,72	–	–	2,37	0,17	2,01	2,41	–	–
731	–"–	II	10C	20	4,790	6,7	6,9	67	21,9	1,54	6,97	8,41	–	–	2,66	0,19	2,07	3,02	–	–
732	–"–	II	10C	30	2,180	11,7	10,4	125	42,5	2,99	11	9,21	–	–	3,6	0,25	1,93	3,28	–	–
733	–"–	II	10C	40	1,290	16,0	13,2	168	56,4	3,97	12,4	8,43	–	–	3,63	0,26	1,53	3,05	–	–
734	–"–	II	10C	50	1,000	18,9	15,4	236	–	–	–	–	–	–	2,92	–	1,31	2,75	–	–
735	–"–	II	10C	60	0,920	22,3	17,2	289	90,5	6,37	15,7	7,3	–	–	2,18	0,15	1,21	2,53	–	–
736	–"–	III	10C	70	0,840	24,3	18,6	334	–	–	–	–	–	–	1,76	–	1,07	2,4	–	–
737	–"–	III	10C	80	0,760	26,2	19,8	370	121,1	8,58	18	6,68	–	–	1,43	0,10	0,98	2,3	–	–
738	–"–	III	10C	90	0,680	27,9	21,1	401	–	–	–	–	–	–	1,2	–	0,89	2,2	–	–
739	–"–	III	10C	100	0,620	29,8	22,3	431	144,1	10,2	20	6,13	–	–	1,17	0,08	0,81	2,1	–	–
Уткин и др., 1982							Владимирская обл.: Вязники										56°20′ с.ш., 42°30′ в.д.			
740	–	I	10C	10	8,040	5,0	4,4	49	14,4	2,96	9,36	5,65	–	–	2,85	0,59	3,44	3,59	–	–
741	–	I	10C	17	6,416	7,4	7,7	135	48,5	7,15	13,7	8,44	–	–	5,6	0,83	3,67	3,22	–	–
742	–	Ia	10C	27	3,844	10,7	12,3	234	107,7	9,98	12,4	9,25	–	–	7,24	0,67	4,01	4,13	–	–
743	–	Iб	10C	42	0,984	21,2	22,9	395	156,1	9,38	13,7	4,92	–	–	6,02	0,36	2,05	2,43	–	–
744	–	Ia	10C	55	1,080	21,5	22,1	406	205,4	11,2	20,1	5,33	–	–	4,24	0,23	1,89	2,63	–	–
Уткин, Ермолова, 1982							Ульяновская обл.: Тереньгуль, Белые горы										54°05′ с.ш., 48°20′ в.д.			
745	–	I	10C	10	5,867	5,6	4,6	72	16,9	2,64	7,05	6,98	–	–	3,47	0,54	2,33	2,77	–	–
746	–	I	10C	20	6,225	8,9	8,8	166	52,6	6,46	11,1	7,27	–	–	5,41	0,66	2,42	2,95	–	–
747	–	Ia	10C	40	1,626	16,1	18,0	318	121,6	8,13	11,9	6,44	–	–	4,08	0,27	2,17	2,53	–	–
748	–	I	10C	75	0,669	25,0	25,8	438	181,6	11,6	20,7	7,58	–	–	5,04	0,32	1,94	2,62	–	–
Лесостепь																				
Андрущенко, 1976, 1977; Остапенко, Андрущенко, 1980							Украина, Харьковская обл.: Скрипаев										49°20′ с.ш., 36°40′ в.д.			
749	Св. суб.	I	10C	26	3,552	10,4	11,8	178	71,0	9,34	5,86	4,40	15,8	0,07	5,89	1,15	0,95	2,41	1,75	0,07
750	То же	I	10C	50	1,652	17,4	19,3	328	143,2	11,3	7,52	4,01	29,0	0,09	5,80	0,51	0,60	1,60	1,50	0,09

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
751	–"–	I	10C	80	1,062	22,5	23,8	454	196,2	12,5	7,40	2,54	42,9	0,58	4,24	0,34	0,29	1,34	1,46	0,58
752	–"–	I	10C	100	0,472	32,2	27,0	460	193,0	12,9	10,1	2,90	39,9	0,82	2,78	0,20	0,42	1,40	1,53	0,82
Степь																				
Бондаренко, 1970			Волгоградская область												48°30′ с.ш., 44°30′ в.д.					
753	Сух. супесь	–	10C	5	5,300	2,0	–	4,0*	1,8	–	1,2	3,5	–	–	1,39	–	0,77	1,6	–	–
754	То же	–	10C	5	5,800	2,0	–	4,3*	1,9	–	1,3	3,3	–	–	1,47	–	0,80	1,7	–	–
755	–"–	–	10C	6	4,350	2,5	–	7,6*	2,4	–	2,5	5,3	–	–	1,77	–	1,11	2,1	–	–
756	–"–	–	10C	7	5,350	2,7	–	20*	6,3	–	3,3	6,1	–	–	2,49	–	0,79	1,5	–	–
757	–"–	–	10C	10	4,350	4,8	–	58*	18,5	–	9,5	8,0	–	–	2,02	–	0,75	1,8	–	–
758	–"–	–	10C	12	4,130	5,3	–	47*	20,6	–	4,3	4,8	–	–	1,72	–	0,71	1,8	–	–
759	–"–	–	10C	14	4,000	5,3	–	58*	25,7	–	13,8	6,8	–	–	1,68	–	0,95	2,7	–	–
760	–"–	–	10C	16	4,100	8,8	–	138*	60,9	–	10,2	7,7	–	–	3,15	–	0,83	2,0	–	–
(C) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ																				
Степь																				
Уткин и др., 1980			Самарская обл.: Красный Яр												53°30′ с.ш., 50°20′ в.д.					
761	–	I	10C	10	6,100	4,4	4,1	26	10,5	1,67	3,71	4,68	–	–	1,92	0,31	1,5	1,62	–	–
762	–	I	10C	21	4,270	10	9,4	159	58,7	7,18	14,3	9,49	–	–	7,31	0,89	3,75	3,33	–	–
763	–	Ia	10C	35	1,550	16,8	17,6	328	138	8,82	13,3	7,24	–	–	5,36	0,34	2,18	1,04	–	–
764	–	Ia	10C	40	1,575	16,5	19	333	138,2	7,49	9,34	4,94	–	–	6,02	0,33	1,62	1,36	–	–
(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Южная тайга																				
Усольцев и др., 2004в			Свердловская обл.: Сухой Лог												57° с.ш., 62° в.д.					
765	–	I	10C	15	2,592	7,2	5,55	34,8	11,5	2,2	6,5	6,0	–	–	1,36	0,22	1,27	2,33	–	–
766	–	I	10C	18	6,045	7,4	7,71	107	36,8	6,1	8,1	10,6	–	–	3,06	0,44	1,50	3,28	–	–

Электронный архив УГЛТУ

767	–	II	10С	26	3,396	10,0	8,60	166	42,8	5,7	12,8	10,4	–	–	2,59	0,31	1,67	3,48	–	–
768	–	I	9С1Б	29	2,733	12,1	12,2	207	71,1	7,2	10,7	8,5	–	–	3,22	0,22	1,57	3,36	–	–
769	–	Ia	10С	32	3,944	12,5	16,6	452	147,2	13,5	18,1	9,4	–	–	3,66	0,30	1,92	2,92	–	–

(Е) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесостепь

Усольцев и др., 2004в; 2006 — Омская область: Саргатское — 55°30′ с.ш., 73°30′ в.д.

770	–	Ia	10С	10	2,264	5,7	4,5	17,9	6,14	2,03	2,06	3,38	–	–	1,19	0,194	0,723	1,69	–	–
771	–	Ia	10С	21	2,945	11,0	10,4	143,0	48,89	5,84	10,39	7,16	–	–	5,48	0,521	1,448	2,88	–	–
772	–	Ia	10С	30	1,925	15,6	14,8	282,0	88,31	8,71	8,23	8,04	–	–	6,99	0,552	1,676	2,69	–	–
773	–	I	10С	40	1,836	15,6	16,6	317,6	110,2	7,81	11,87	10,56	–	–	4,54	0,322	0,817	5,33	–	–
774	–	I	10С	50	1,603	18,4	18,7	288,5	113,4	7,81	12,55	9,33	–	–	3,79	0,265	0,694	3,34	–	–
775	–	Ia	10С	20	2,636	10,1	10,2	132,4	40,86	4,30	12,66	10,58	–	–	5,49	0,578	1,283	4,24	–	–
776	–	I	10С	20	1,873	12,3	8,9	88,9	37,78	4,30	18,78	16,03	–	–	4,61	0,525	1,768	6,24	–	–
777	–	II	10С	20	2,129	9,9	6,8	50,9	22,29	2,84	9,05	8,48	–	–	2,75	0,350	0,776	3,08	–	–
778	–	III	10С	20	1,794	8,2	5,1	27,1	10,76	1,49	2,90	8,85	–	–	1,10	0,152	0,295	2,85	–	–

Габеев, 1975 — Новосибирская область: Бердск — 54°40′ с.ш., 83° в.д.

779	–	–	10С	5	1210,0	0,96**	0,81	–	21,6			13,0	–	–	1,78			5,12	–	–

Габеев, 1990 — Новосибирская область: Тогучин, Чулым — 55°00′ с.ш., 81°–84° в.д.

780	Черноз.	I	10С	10	6,763	2,7	2,6	30	13,0	–	5,1	7,3	11,8	0,67	2,60	–	1,02	2,34	1,86	0,67
781	То же	I	10С	20	5,052	7,8	7,7	125	53,0	–	8,6	7,8	9,47	0	4,70	–	1,09	2,56	1,20	–
782	–"–	I	10С	30	3,320	12,3	12,9	252	92,0	–	12,4	9,7	17,0	0,01	4,85	–	1,51	2,81	1,16	0,01
783	–"–	I	10С	40	2,170	15,7	16,5	352	130	–	16,5	9,3	23,2	0,06	3,95	–	1,41	2,70	1,21	0,06
784	–"–	I	10С	50	1,709	18,4	19,4	432	168	–	21,8	8,7	–	0,45	3,90	–	1,48	2,52	1,66	0,45

Степь

Усольцев и др., 2005б — Тургайский прогиб, Аман-Карагайский бор — 52°20′ с.ш., 64° в.д.

785	–	II	10С	9	11,53	2,5	2,6	16,7	5,14	1,24	1,82	4,78	9,11	–	1,65	0,25	0,528	1,03	–	–
786	–	I	10С	10	18,87	3,3	4,0	52,3	17,6	3,63	3,56	5,97	24,9	–	3,57	0,44	0,976	1,38	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
787	–	III	10С	11	10,46	3,0	2,8	20,2	6,37	1,65	3,58	4,92	12,2	–	1,01	0,16	0,60	1,15	–	–
788	–	II	10С	13	9,200	4,4	4,3	43,3	14,3	2,69	4,55	6,97	23,3	–	2,15	0,26	1,045	1,78	–	–
789	–	III	10С	14	9,730	3,8	3,3	33,0	10,3	2,54	2,27	6,15	18,3	–	1,04	0,16	0,713	1,50	–	–
790	–	III	10С	15	8,440	4,1	3,7	51,7	18,8	5,22	6,02	7,28	18,0	–	4,04	1,16	0,491	1,95	–	–
791	–	II	10С	19	4,450	7,9	6,1	89,7	33,5	6,32	8,43	8,62	40,9	–	1,03	0,11	1,131	2,95	–	–
792	–	Iа	10С	19	7,000	9,0	9,5	234	81,3	11,49	13,8	12,78	74,4	–	2,23	0,11	2,783	3,71	–	–
793	–	II	10С	20	6,330	7,0	7,0	100	34,0	5,75	5,8	6,11	38,5	–	0,95	0,07	0,94	1,84	–	–
794	–	III	10С	21	3,240	7,7	5,5	55,2	19,1	3,88	6,41	5,35	28,2	–	0,60	0,07	0,80	1,94	–	–
795	–	III–IV	10С	21	5,180	6,1	4,8	48,1	18,6	3,61	4,62	4,33	25,5	–	0,45	0,05	0,55	1,40	–	–
796	–	I	10С	22	2,610	12,0	10,2	108	36,3	4,31	9,88	7,45	55,8	–	0,86	0,04	1,80	2,79	–	–
797	–	I	10С	22	3,850	10,8	9,3	191	63,6	7,4	12,7	10,97	64,4	–	1,57	0,10	1,90	3,83	–	–
798	–	I	10С	22	4,240	9,6	9,2	170	59,3	6,78	14,57	10,57	51,7	–	0,67	0,03	1,71	3,60	–	–
799	–	II	10С	22	4,860	7,4	8,1	125	43,7	6,0	6,53	7,10	31,0	–	1,25	0,08	1,0	2,33	–	–
800	–	I	10С	22	5,210	9,4	9,3	178	62,2	8,93	7,86	8,54	59,7	–	1,32	0,11	1,40	2,74	–	–
801	–	I	10С	23	3,830	11,0	10,2	203	65,1	9,12	10,84	13,38	63,4	–	1,55	0,08	1,51	4,65	–	–
802	–	Iа	10С	24	5,340	10,5	11,4	299	105,0	11,73	18,69	13,69	72,7	–	2,27	0,11	4,97	4,31	–	–
803	–	III	10С	25	8,640	7,0	7,5	177	62,9	10,68	6,14	6,14	46,9	–	1,13	0,08	0,96	1,51	–	–
804	–	I	10С	26	6,080	8,8	9,9	195	69,4	10,27	6,36	5,77	53,2	–	0,19	0,06	0,927	1,71	–	–
805	–	II	10С	50	1,810	16,0	16,4	274	102,6	8,92	7,13	2,82	49,9	–	0,61	0,02	0,553	0,96	–	–
Прохоров, 1985			Тургайский прогиб, Аман-Карагайский бор												52°20′ с.ш., 64° в.д.					
806	–	III	10С	13	9,760	3,8	3,4	24	11	3,08	5,28	9,63	17,4	–	0,9	0,25	0,79	2,13	1,41	0,33
807	–	II	10С	20	7,540	6,9	7,2	115	38,75	7,08	7,01	7,12	32,5	–	1,99	0,36	0,86	1,54	1,68	0,12
808	–	II	10С	28	6,085	9,0	9,6	197	68,61	10,42	8,41	5,41	40,8	–	2,62	0,40	1,02	0,92	1,56	0,005
809	–	Iа	10С	25	6,340	10,4	10,8	285	105,9	12,14	21,1	16,1	49,9	–	5,17	0,59	4,22	2,68	2,43	0,03
810	–	II	10С	26	8,241	8,7	9,2	122	68,14	10,87	8,01	5,77	41,7	–	2,85	0,45	0,94	0,91	1,75	0,005
811	–	I	7Б3С	26	2,200	10,8	12,0	133	57,69	11,0	5,63	2,6	32,3	–	2,61	0,50	0,55	1,65	1,46	0,02

Электронный архив УГЛТУ

Pinus tabulaeformis

(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

Широколиственные леса

Xiao, 1990				Восточный Китай: провинция Шэньси										800–1930 м над ур. м.				33–38° с.ш., 108–110° в.д.				
812	–	I	10C	20	3,500	10,7	8,9	98,2*	39,3	6,24	12,3	7,87	9,98	*0,38*	3,34	0,51	1,11	2,62	1,01	0,30
813	–	II	10C	21	4,400	7,2	7,1	88,7*	35,5	5,82	6,91	5,48	11,3	0,14	2,57	0,42	0,49	1,83	1,05	0,12
814	–	I	10C	21	4,400	8,3	8,6	125,0*	50,0	7,06	12,4	7,62	14,7	*0,61*	5,14	0,70	1,42	1,53	1,54	0,26
815	–	II	10C	25	3,100	9,1	8,5	81,5*	32,6	4,78	9,79	5,63	9,50	0,26	2,08	0,31	0,69	1,88	0,74	0,17
816	–	II	10C	22	5,270	8,3	8,1	91,5*	36,6	5,78	8,77	8,99	11,5	0,72	2,11	0,33	0,53	3,00	0,86	0,32
817	–	II	10C	20	5,100	6,9	7,2	98,5*	39,4	6,31	8,59	10,5	11,4	*0,36*	4,09	0,67	1,11	2,62	1,38	0,12
818	–	IV	10C	17	3,650	4,0	3,3	15,0*	5,99	1,11	2,73	3,64	2,84	0,09	0,81	0,15	0,35	0,91	0,41	0,12

Pinus sylvestris

(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесостепь

Ведрова и др., 2000				Красноярский край: р. Кемчуг												56°13′ с.ш., 92°19′ в.д.				
819	–	I	10C	25	10,300	7,0	9,8	222	78,3	9,9	12,6	7,3	16,2	–	4,71	0,60	1,36	2,35	0,88	–

Pinus densiflora

(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА

Хвойно-широколиственные леса

Hatiya et al., 1965				О-в Хонсю: преф. Ивате												41°30′ с.ш., 139°30′ в.д.				
820	–	Ia	10C	46	0,370	28,5	19,5	215	83,9	–	14,1	4,0	29,1	–	3,7	–	1,8	2,2	1,3	–
821	–	Ia	10C	44	0,750	23,4	18,5	325	126,0	–	13,4	5,1	41,3	–	5,2	–	1,7	2,8	1,7	–
822	–	Ia	10C	43	1,009	22,0	18,2	375	153,6	–	15,6	6,4	50,2	–	5,6	–	1,9	3,4	1,8	–
823	–	Ia	10C	46	1,310	21,2	19,2	473	198,5	–	16,6	7,0	63,4	–	5,9	–	2,1	3,8	1,9	–
824	–	Ia	10C	33	2,340	15,7	15,7	409	163,4	–	14,6	6,9	52,8	–	8,7	–	2,1	3,4	2,8	–
Hatiya et al., 1968				О-в Хонсю: преф. Ивате												41°30′ с.ш., 139°30′ в.д.				
825	–	I	10C	7	120,00	1,8	1,7	29*	11,8	–	4,2	5,4	5,3	–	4,9	–	3,6	7,0	2,5	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
826	–	I	10C	12	17,300	4,3	4,9	106*	42,7	–	9,4	7,5	14,9	–	6,7	–	3,7	6,5	2,4	–
827	–	I	10C	13	16,800	4,5	5,7	113*	45,3	–	9,1	6,4	15,2	–	9,5	–	4,4	5,3	3,2	–
828	–	I	10C	17	24,200	3,4	6,9	107*	43,0	–	9,7	6,6	16,5	–	10,0	–	5,0	6,1	3,9	–
829	–	I	10C	20	10,400	6,4	8,8	189*	75,9	–	12,5	8,4	24,2	–	8,9	–	3,6	6,3	2,9	–
830	–	Ia	10C	22	7,380	7,6	10,7	214*	86,1	–	12,3	7,2	28,0	–	9,5	–	4,1	5,8	3,1	–
831	–	Ia	10C	25	4,270	9,3	11,2	209*	83,8	–	13,7	6,9	27,8	–	8,5	–	4,4	6,3	2,8	–
832	–	Ia	10C	35	2,340	15,7	15,7	407*	163,4	–	14,6	6,9	46,2	–	8,7	–	2,1	3,4	2,5	–
833	–	Ia	10C	48	1,310	21,2	19,2	481*	193,5	–	16,6	7,0	55,5	–	5,9	–	2,1	3,8	1,7	–
								Pinus strobus												
Akai et al., 1971								О-в Хонсю: преф. Нагано, Иида 1100 м над ур. м.							35°32′ с.ш., 137°48′ в.д.					
834	–	I	10C	11	3,000	7,40	5,4	45,6	14,9	–	7,5	2,8	–	–	4,0	–	–	2,14	–	–
835	–	I	10C	11	3,400	7,08	5,2	45,3	14,9	–	7,3	2,7	–	–	4,0	–	–	2,08	–	–
								Pinus thunbergii												
Ando, 1965								О-в Хонсю: Сидзуока, Ито							35° с.ш., 139° в.д.					
836	–	I	10C	10	6,863	6,26	4,5	72,3	33,4	–	11,2	11,9	12,0	–	9,5	–	4,2	–	–	–
837	–	I	10C	10	7,231	6,62	4,5	81,1	38,1	–	15,9	13,8	14,6	–	8,1	–	4,7	–	–	–
838	–	I	10C	10	3,245	8,36	4,7	54,4	23,4	–	10,6	10,1	9,2	–	6,9	–	3,4	–	–	–
839	–	II	10C	10	4,573	4,86	3,7	23,9	11,3	–	5,6	5,7	4,6	–	3,9	–	2,2	–	–	–
840	–	III	10C	10	10,204	4,16	3,2	40,1	18,7	–	8,5	10,7	7,3	–	6,4	–	2,9	–	–	–
841	–	III	10C	10	9,824	3,01	2,6	20,9	10,7	–	4,1	6,2	4,0	–	3,5	–	1,5	–	–	–

Электронный архив УГЛТУ

4в. КЕДР (*PINUS*)

***Кедр сибирский* (*Pinus sibirica*)**

(Е) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Южная тайга

Храмова, Храмов, 1974; Храмов, Валуцкий, 1977 — Томская обл.: Бакчарский район, Плотниково — 57° с.ш., 83° в.д.

842	Злм.	III	9К1Е	200	0,473	28,0	23,0	323*	125,8	–	19,8	7,83	–	13,0	1,21	–	0,32	1,88	–	–

***Кедровый стланик* (*Pinus pumila*)**

(Н) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

Северная тайга

Панченко, 1985 — Магадан — 240–390 м над ур. м. — 60° с.ш., 151° в.д.

843	Брс.-злм.	–	10К	90	7,075	–	2,5	65,0*	7,4	–	28,7	3,10	11,0	–	0,082	–	4,51	0,614	0,122	–
844	Баг.-брс.	–	10К	190	6,175	–	2,2	84,6*	12,2	–	34,7	3,20	11,0	–	0,065	–	3,24	0,610	0,058	–
845	Баг.-лиш.	–	10К	200	11,475	–	0,5	28,1*	0,46	–	15,1	2,10	5,20	–	0,002	–	1,23	0,335	0,026	–

***Кедр корейский* (*Pinus koraiensis*)**

Лесостепь

Li et al., 1981 — Сев.-Вост. Китай, пров. Гирин — 800 м над ур. м. — 42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.

846	Corylus	–	3К3Д4Яс	160	0,772	23,6	–	493	203,4	–	23,4	5,11	53,0	43,7	5,84	–	1,31	2,74	5,31	4,99

5. БЕРЕЗА (*BETULA*)

B. pubescens* × *B. glandulosa

(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесотундра

Elkington, Jones, 1974 — Гренландия: Фьорд Нордре Сермилик, Екалуит — 120–135 м над ур. м. — 61°06′ с.ш., 45°58′ з.д.

847	Песч.	Vг	10Б	79	2,15	7,3*	2,5	23*	11,5	–	35,8	1,2	6,4	–	0,14	–	0,64	1,2	0,09	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Betula pendula, B. pubescens																				
Хвойно-широколиственные леса																				
Frivold, Borchgrevink, 1981			Норвегия: Ос (30 км от Осло)								100 м над ур. м.				59°40′ с.ш., 11°30′ в.д.					
848	–	Ia	10Б	6	43,81	1,9	4,2	3,9	1,92	–	0,42	–	–	–	3,2	–	0,70	–	–	–
Широколиственные леса																				
Ovington, Madgwick, 1959 а, б			Англия: Питерборо								50 м над ур. м.				52°29′ с.ш., 0°15′ з.д.					
849	Блт.	I	10Б	15	6,9	4,0	5,1	46	24,2*	–	2,5*	1,2	3,0*	–	2,6	–	1,6	1,2	–	–
850	То же	I	10Б	20	5,5	5,4	7,0	66	34,8*	–	4,2*	1,2	5,9*	–	3,2	–	1,9	1,2	–	–
851	–"–	I	10Б	25	4,0	7,0	8,6	88	46,5*	–	6,3*	1,5	9,8*	–	4,0	–	2,8	1,5	–	–
852	–"–	I	10Б	30	2,85	8,6	10,3	115	60,7*	–	8,8*	1,4	15,0*	–	4,0	–	2,8	1,4	–	–
853	–"–	II	10Б	35	2,05	10,9	12	145	76,6*	–	11,6*	1,4	21,4*	–	4,2	–	2,2	1,4	–	–
854	–"–	II	10Б	40	1,4	13,1	13,5	175	92,4*	–	14,7*	1,3	29,0*	–	4,4	–	2,0	1,3	–	–
855	–"–	II	10Б	45	1,05	15,5	15,4	210	110,9*	–	18,2*	1,4	38,1*	–	4,6	–	1,7	1,4	–	–
856	–"–	II	10Б	50	0,9	18,5	17,2	248	130,9*	–	24,0*	1,5	48,5*	–	4,8	–	1,5	1,5	–	–
857	–"–	II	10Б	55	0,88	20,0	19,0	186	98,2*	–	39,1*	1,6	55,4*	–	5,4	–	1,3	1,6	–	–
Hughes, 1971			Англия: Дарем								67 м над ур. м.				52°40′ с.ш., 1°20′ в.д.					
858	–	III	5Б5Ол	50	1,6	12,9	12	198*	90,9	–	16	1,7	–	–	3,62	–	0,64	1,78	–	–
Satchell, 1971			Англия: Ланкастер								45 м над ур. м.				54°12′ с.ш., 2°53′ з.д.					
859	–	IV	5Б5Д	80	0,759	20,6	15	138*	75,9	10,2	33,6	2,69	23,8	15,5	2,16	–	0,95	2,68	1,98	0,39
Duvigneaud et al., 1977а, б			Бельгия: Хейнан								0–300 м над ур. м.				50°28′ с.ш., 4°18′ в.д.					
860	–	Iб	9Б1Ив	14	4,920	7,2	10,0	120	59,0	–	14,5	3,2	21,3	3,6	7,5	–	1,9	3,2	2,8	1,5

Электронный архив УГЛТУ

Auclair, Metayer, 1980				Франция: Орлеан										50–200 м над ур. м.				47°50′ с.ш, 1°50′ в.д.				
861	–	I	10Б	25	6,849	6,5	11,4	127	63,0	–	14,2	2,8	–	–	4,6	–	1,0	2,8	–	–		
Betula pendula, B. pubescens																						
(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ (включая юг Русской равнины)																						
Хвойно-широколиственные леса																						
Бумблаускис, 1996				Литва: Мариямполе, заповедник Жувинтас														54°30′ с.ш., 23°10′ в.д.				
862	Пап.	III	9Б1Ос	50	–	20,0	19,0	150	88,3	–	6,97	1,23	18,4	1,85		5,41		1,14	–	2,14		
Средняя тайга																						
Mälkönen, 1977				Финляндия: Оривеси (Orivesi)										160 м над ур. м.				61°37′ с.ш., 24°09′ в.д.				
863	Песч. мор.	Ia	10Б	40	1,012	15,0	20,0	155	78,5	11,4	8,6	2,9	24,1	–	3,04	–	0,79	2,9	1,85	–		
Mälkönen, Saarsalmi, 1982				Финляндия: Сиилиниэрви										115 м над ур. м.				63°07′ с.ш., 27°45′ в.д.				
864	Кис.-брс.	I	10Б	20	4,422	6,1	9,0	49,9	31,3	3,42	6,88	3,14	–	–	3,03	0,42	2,24	3,14	–	–		
Казимиров и др., 1978				Южная Карелия														61°30′ с.ш., 34°31′ в.д.				
865	Зл.-рзт.	II	7Б3Ол	38	3,255	12,9	14,9	160	82,1	7,35	10,4	4,81	20,7	0,12	4,0	–	0,63	3,3	1,12	0,05		
866	Рзт.-чер.	III	8Б2Ос	38	3,70	9,8	12,4	123	65,1	6,21	8,63	4,41	17,3	0,12	3,26	–	0,53	2,95	0,91	0,02		
867	Блт.-трв.	IV	10Б	37	3,93	7,8	10	83	44,1	4,36	5,89	3,51	12,1	2,24	2,39	–	0,41	2,59	0,71	0,78		
868	Оск.-длм.	V	10Б	40	3,44	6,8	9,4	75	39,8	3,93	5,4	3,25	11,3	3,51	1,99	–	0,38	2,46	0,62	0,72		
869	Рзт.-чер.	II	10Б	12	27,6	2,6	3,7	21	10,4	2,1	1,64	1,49	3,19	1,83	1,66	–	0,39	1,34	0,55	0,65		
870	То же	II	10Б	56	2,297	14,5	16,3	190	99,2	10,3	12,8	6,51	24,9	0,03	3,09	–	0,46	3,6	0,92	0,01		
871	–"–	II	10Б	67	1,87	16,3	17,5	229	119,4	11,6	15,2	7,71	29,1	0,03	2,73	–	0,39	3,77	0,86	0,01		
872	–"–	III	10Б	84	0,843	20,3	20,6	258	133,5	12,7	16,4	7,57	31,8	0,45	2,12	–	0,29	3,66	0,72	0,1		
Медведева и др., 1977; Медведева, 1978				Южная Карелия: Пряжа														61°30′ с.ш., 33° в.д.				
873	Оск.-сфг.	Va	9Б1С	22	4,763	–	1,9	2	1,0	0,30	0,76	0,49	0,51	20,8	0,42	0,10	0,32	1,02	0,13	8,15		
874	То же	V	9Б1С	25	5,314	2,9	2,7	5	2,68	0,95	1,58	1,09	1,5	17,4	0,43	0,10	0,32	1,02	0,13	8,15		
875	Рзт.-хвщ.	II	7Б3С	35	2,800	12,0	14,3	210	121,1	11,8	9,18	4,1	36,6	3,77	4,39	0,52	2,16	2,41	1,76	1,37		

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Кучко, 1977			Южная Карелия: Спасская Губа												62°12′ с.ш., 34°20′ в.д.					
876	Чер.	–	9Б1ОС	36	3,048	9,0	12,1	124	72,5	8,3	5,41	2,82	26,8	1,30	4,03	–	0,94	2,68	–	0,51
			Южная тайга																	
Молчанов, 1977			Ярославская обл.: Углич, Мышкино												57°40′ с.ш., 38°10′ в.д.					
877	Кис.-чер.	Ia	10Б	38	1,98	13	21,5	291	143,8	–	14,3	4,9	34,7	–	3,2	–	0,6	4,8	–	–
			Хвойно-широколиственные леса																	
Hytteborn, 1975			Швеция: Андерсби										45 м над ур. м.		61°25′ с. ш., 21°38′ в. д.					
878	Сыр. сугл.	III	9Б1Д	75	0,076	33,0	19,5	65*	33,0	4,7	16,2	0,91	–	2,0	0,48	0,07	0,99	0,91	–	0,24
Mälkönen, Saarsalmi, 1982			Финляндия: Лувиа										35 м над ур. м.		60°09′ с.ш., 17°49′ в.д.					
879	Кис.-брс.	I	10Б	40	3,948	9,4	12,8	169,3	95,5	13,1	11	4,05	–	–	4,01	0,61	2,02	4,05	–	–
Дылис, Носова, 1977			Московская обл.: Красная Пахра												55°20′ с.ш., 37° в.д.					
880	Влс.-оск.	II	6Б4Ос	50	1,239	16	16	140	51,6	6,7	6,34	2,1	–	1,75	1,4	–	1,1	1,8	–	0,72
881	То же	II	7Б2Е1Ос	90	0,681	19	24,5	205	133,2	17,2	13,9	5,1	25,4	0,76	3,1	–	1,2	2,8	–	0,64
882	Трс.	IV	6Б4Ос	70	0,848	15,2	16,7	141	–	–	–	–	–	–	2,67	–	1,1	3,2	–	–
Солнцева, Холопова, 2000			Московская обл.: Красная Пахра												55°20′ с.ш., 37° в.д.					
883	Влс.-оск.	III	5Б3Е2Ос 1Лещ	13	41,200	2,6	2,5	20*	7,98	1,73	3,87	3,29	–	–	0,66	–	1,95	1,96	–	–
Семенова, 1975			Московская обл.: Красная Пахра												55°20′ с.ш., 37° в.д.					
884	Рзт.	I	6Б2Е2Ос	62	0,986	21,4	21,5	203	113,6	12,1	20,8	5	39	4,7	5,47	–	1,14	2,66	1,82	0,37

Электронный архив УГЛТУ

Смирнова, Городенцева, 1958				Московская обл.: Звенигород														55°40′ с.ш., 36°40′ в.д.				
885	Рзт.	II	10Б	40	1,320	15,8	19,4	397	190,7	–	12,7	3,26	40,9	2,34		5,6		3,26	1,90	2,34		
				Широколиственные леса																		
Смоляк и др., 1974				Белоруссия: Василевичи														52°10′ с.ш., 29°50′ в.д.				
886	Длм.-врс.	II	9Б1Ос	33	2,419	9,5	13,2	78	46,7	9,38	5,32	1,39	–	–	2,5	–	0,52	1,29	–	–		
887	Злм.-врс.	II	10Б	30	3,69	8,5	12,2	101	56,98	10,16	7,49	1,99	–	–	4,8	–	0,96	1,84	–	–		
888	Рзт.	Iб	10Б	32	0,97	17,8	19,2	196	90,87	17,01	17,51	2,22	–	–	5,2	–	1,11	2,14	–	–		
Сидорович и др., 1985; Бусько, 1986				Белоруссия: Осиповичи, Березино														53–54° с.ш., 28°00′ в.д.				
889	Орл.	Ia	10Б	40	1,010	20,6	22,4	253	133,0	–	17,1	3,34	22,9	12,3	6,76	–	1,91	2,96	1,13	2,47		
890	То же	Ia	9Б1Е	40	0,950	21,4	25,5	385	232,9	–	25,4	8,79	45,1	6,42	8,29	–	1,39	3,75	1,70	3,32		
891	–"–	Ia	10Б	40	1,080	16,4	24,2	257			189,1			–			13,2			–		
(С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ (включая Западно-Казахстанскую провинцию)																						
Betula tortuosa																						
Лесотундра, редколесья																						
Манаков, 1967, 1970 а, б				Северо-Запад Кольского полуострова: пос. Мишуково														68°30′ с.ш., 34° в.д.				
892	Поросл.	Vб	10Б	45	–	–	1,7	0,34*	0,171	–	0,08	0,018	0,377	8,96	0,016	–	0,015	0,018	0,29	1,09		
893	То же	Vб	10Б	85	4,650*	4,5	3,5	14,8	7,39	–	1,58	0,35	4,76	8,1	0,074	–	0,071	0,35	0,45	1,3		
894	–"–	Va	10Б	75	–	–	7,5	79,4*	39,7	–	6,68	1,72	18,4	1,64	0,662	–	0,306	1,72	1,12	0,93		
Betula kusmisscheffii (Rgl.) Suk.																						
Северная тайга																						
Чепурко, 1971, 1972				Кольский полуостров: Хибины												400–600 м над ур. м.		67°40′ с.ш., 34° в.д.				
895	Рзт.	Va	10Б	20	12,08	5,0	3,8	32*	15,9	–	18,5	2,39	15,6	5,25	0,95	–	0,95	2,6	0,92	0,89		
896	Чер-вор.	IV	10Б	80	8,25	2,6*	5,0	16	8,0	–	10,8	1,2	8,33	4,92	0,23	–	0,33	1,98	0,41	1,4		
Betula subarctica Orlova																						
Кучко, 1975				Кольский полуостров: Хибины												138 м над ур. м.		67°40′ с.ш., 34° в.д.				
897	Вор.-чер.	Va	7Б3Е	110	0,768	12,6	9,0	53,0	25,2	–	6,88	3,32	–	4,47	0,61	–	0,43	1,73	–	1,47		

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
								***Betula tortuosa* Ledeb.**												
Кучко, 1975				Кольский полуостров: Хибины				366 м над ур. м.							67°40′ с.ш., 34° в.д.					
898	Вор.-чер.	Va	7Б3Е	90	1,936	7,6	6,1	31,0	15,0	–	4,43	2,27	–	5,00	0,35	–	0,41	1,23	–	1,29
Кучко, 1975				Кольский полуостров: Хибины				380 м над ур. м.							67°40′ с.ш., 34° в.д.					
899	Вор.-чер.	Va	8Б2Е	90	1,967	6,9	5,3	26,0	13,0	–	5,18	2,50	–	5,02	0,38	–	0,63	1,40	–	1,35
								Betula pendula, B. pubescens												
Кучко, 1977				Кольский полуостров: Кировск											67°44′ с.ш., 33°50′ в.д.					
900	Чер.	IV	9Б1С	40	3,664	6,7	7,8	58	33,4	5,18	8,21	3,39	25,6	8,32	1,80	–	1,34	2,58	–	1,64
Кучко, 1977				Северная Карелия: Кемь											65°23′ с.ш., 34°30′ в.д.					
901	Чер.	III	9Б1С	40	5,129	6,9	9,6	94	55,1	7,02	6,67	3,25	–	3,93	3,03	–	1,24	3,15	–	0,98
								Средняя тайга												
Паршевников, 1962				Вологодская обл.: Харовск											60° с.ш., 40° в.д.					
902	Трв.-злм.	–	10Б	6	–	–	–	6	3	–	0,6	1,06	1,73	5,18	0,6	–	–	1,06	0,29	4,56
903	То же	III	9Б1Е	17	29,465*	3	5,3	60	29,1	–	6,3	3,26	19,1	2,01	2,74	–	0,5	3,26	1,87	1,97
904	Чер.	III	10Б	17	16,144*	3,4	5,6	44	21,7	–	5,0	3,73	18,4	0,8	2,74	–	0,5	3,73	2,32	0,58
905	То же	III	10Б	38	3,118*	8,4	11,2	197	98,7	–	8,1	4,3	30,6	0,91	3,13	–	0,36	4,3	0,97	0,18
								(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ												
								Лесотундра												
Игнатенко и др., 1973а, б				Коми: правые притоки Усы											67° с.ш., 57° в.д.					
906	–		10Б	50*	–	–	0,7	5*	2,52	–	–	0,14	19,3	10	0,07*	–	0,14*	0,38	2,11	1,72

Электронный архив УГЛТУ

Южная тайга

Семериков, 1991; Шлыкова, 1991 Свердловская обл.: Кузино 400 м над ур. м. 57° с.ш., 59°30′ в.д.

907	Трв.-лип.	III	3Б3Лп2П 1Е1Ряб	34	10,59	7,3	8,2	112	44,4	8,1	8,23	4,22	–	0,38	2,75	–	0,5	2,04	–	0,38

(Е) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Южная тайга

Пьявченко, 1967 Томская обл.: Тимирязевский 56°30′ с.ш., 85° в.д.

908	Трв.-сфг.	IV	5Б5С	100	1,51	18	16,8	190	101	–	11,05	3,86	38,2	3,45	0,51	–	0,05	2,45	0,47	2,54

Лесостепь

Родин, Базилевич, 1965а; Базилевич, 1965а Новосибирская обл.: пос. Кыштовка 56°25′ с.ш., 76°35′ в.д.

909	Трв.	II	10Б	35	2,9	14	15	305*	149,3	–	14,9	4,3	42,6	2,2	4	–	1,5	4,3	1,6	1,2

Родин, Базилевич, 1965а; Базилевич, 1967а Новосибирская обл.: Убинское 55°15′ с.ш., 79°40′ в.д.

910	Трв.	III	7Б3Ос	20	4,47	7,5	8	99*	47,4	–	9,6	1,88	27,1	3,83	3,43	–	0,73	1,88	1,98	1,83

Рупасова, 1976 Новосибирская обл.: междуречье рек Тары и Оми 56° с.ш., 78° в.д.

911	Рзт.-зл.	III	5Б5Ос	30	1,500*	12,7	11,5	93	34,0	–	10,5	2,69	15,4	4,11	1,89	–	1,62	2,69	0,87	1,94
912	Оск.-внк.	III	7Б3Ос	30	2,000*	10,1*	11,5	111	64,7	–	16,6	3,57	37	1,82	4,36	–	2,61	3,57	2,51	0,73

Колодченко, 1974 Казахстан, Северо-Казахстанская область: Явленка 54° с.ш., 68°30′ в.д.

913	Св.	II	10Б	23	2,680	9,5	13,8	127,0	73,4	10,6	9,03	2,43	37,4*	0,88	4,55	0,66	0,84	2,43	2,26	–
914	То же	II	10Б	36	1,655	12,1	15,3	135,5	85,3	12,1	9,87	2,44	42,9	3,18	4,01	0,57	0,69	2,44	2,02	–
915	–"–	III	10Б	60	0,513	21,3	19,4	147,5	86,6	11,3	12,3	2,90	45,9	1,31	1,73	0,23	0,48	2,90	0,88	0,7

Усольцев и др., 2004д Казахстан (граница с Россией), Северо-Казахстанская область: Согры 55°20′ с.ш., 70° в.д.

916	Св.-зл.	Ia	10Б	10	32,11	1,8	5,6	30,4	15,19	2,48	4,21	3,32	–	–	2,75	0,47	0,91	3,32	–	–
917	То же	I	10Б	27	43,4	7,5	9,8	95,0	49,39	10,06	5,19	2,00	–	–	3,70	0,75	0,50	2,00	–	–
918	–"–	II	10Б	32	4,111	7,7	10,0	102,0	52,04	11,74	5,52	3,04	–	–	2,95	0,67	0,54	3,04	–	–
919	–"–	II	10Б	35	3,89	6,2	11,7	73,6	38,28	6,24	4,95	2,69	–	–	2,64	0,43	0,51	2,69	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
920	–"–	II	10Б	6	8,61	2,0	3,1	6,8	3,31	0,75	1,39	1,08	–	–	0,77	0,19	0,46	1,08	–	–
921	–"–	II	10Б	10	7,56	3,2	5,5	23,6	12,27	2,89	3,19	2,09	–	–	1,84	0,44	0,55	2,09	–	–
922	Св.	II	10Б	15	6,932	5,0	6,9	56,2	28,66	5,07	3,74	2,72	–	–	3,36	0,62	0,58	2,72	–	–
923	Св.-зл.	III	10Б	17	6,724	5,2	7,0	56,8	29,53	5,67	6,87	4,03	–	–	3,76	0,73	1,22	4,03	–	–
924	То же	III	10Б	35	2,873	8,6	11,9	110,2	57,35	12,76	9,28	2,68	–	–	3,15	0,69	0,92	2,68	–	–
	Степь																			
Базилевич, 1967а	Новосибирская обл.: Чистоозерное														54°30′ с.ш., 76°30′ в.д.					
925	Колок	–	10Б	–	–	–	–	36*	17,5	–	5,8	2,7	12	7,8	1,25	–	0,42	2,7	0,87	3,8
	Betula pubescens																			
	(F) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																			
	Горная лесотундра																			
Деева, 1985, 1987	Красноярский край, северо–запад плато Путорана, оз. Капчук 300 м над ур. м.														70° с.ш., 90° в.д.					
926	–	Vb	10Б	100	0,41	6	6,5	4	2,47	–	0,89	0,27	17,1	5,63	0,04	–	0,01	0,27	0,28	0,52
927	–	Vb	10Б	90	1,87	5	6	11,6	7,17	–	1,25	0,28	32,6	4,11	0,17	–	0,03	0,28	4,4	0,58
	Betula platyphylla																			
	(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК																			
	Средняя тайга																			
Ильяшенко, 1984	Амурская обл.: Зея, хр. Тукурингра														54° с.ш., 127°20′ в.д.					
928	Рдд.-рзт.	III	8Б1Л1Ос	100*	0,392	20	19	110*	55	–	12,2	1,67	–	3,3	1,45	–	0,26	1,68	–	1,59
929	Рдд.	III	8Б2Ос	100*	0,7	19	21	119*	59,7	–	5,0	0,89	–	1,36	1,1	–	0,25	0,89	–	0,97

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
									Betula alba											
									(М) ПРИЧЕРНОМОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ											
Сафаров и др., 1979			Азербайджан: Южный макросклон Бол. Кавказа, Закаталы						1000 м над ур. м.						41°30′ с.ш., 46°35′ в.д.					
938	–		6Б3Гр1Ол	34	–	–	–	–	15,9						2,2					
939	–		6Б3Гр1Ос	46	–	–	–	–	25,9						3,2					
940	–		6Б3Гр1Ол	51	–	–	–	–	39,6						3,7					
									6. ОСИНА И ТОПОЛИ (*POPULUS*)											
									P. bachelieri											
									(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ											
									Широколиственные леса											
Броштилова, 1986			Болгария: Свиштов												43°30′ с.ш., 25°00′ в.д.					
941		Iд	10Т	21	0,278	30,6	28,6	218	99,8	16,7	20,7	4,19	29,2	5,0	6,34	1,07	1,37	4,19	1,85	–
									Populus tremula											
									(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ											
									Южная тайга											
Рождественский, 1979, 1982			Ярославская обл.: Бол. Село												58°10′ с.ш., 38°20′ в.д.					
942	Кис.-сн.	–	10Ос	1	381,0	0,4**	0,5	–	–	–	0,81	0,72	–	–	–	–	0,81	0,72	–	–
943	То же	I	9Ос1Ол	15	10,08	4,9	8,3	93	42,0	8,72	7,69	2,61	–	4,84	6,16	1,28	3,04	2,61	–	1,19
944	–"–	I	10Ос	19	7,157	6,3	11,5	128	55,6	9,15	6,26	2,55	–	2,12	7,06	1,15	1,85	2,54	–	0,38
945	–"–	I	10Ос	20	3,700	8,0	12,7	126	54,4	8,26	6,04	2,65	–	2,00	5,72	0,87	1,43	2,65	–	0,36
946	–"–	I	9Ос1Б	39	1,922	13,7	18,1	165	89,0	13,6	11,6	2,9	–	18,7	6,35	0,95	1,89	2,84	–	2,54
947	–"–	I	8Ос2Е	85	0,504	30,9	26,3	445	181,5	25,2	30,6	7,37	26,9	38,3	2,4	0,35	1,46	2,43	–	1,92

Электронный архив УГЛТУ

Хвойно-широколиственные леса

Дылис, Носова, 1977 Московская обл.: Красная Пахра 55°20′ с.ш., 37° в.д.

948	Дуб.-лщ.-шрт.	II	10Ос	12	11,500	5	6	34	13,8	3,5	1,3	1,2	–	0,6	1,8	–	0,3	1,2	–	0,6
949	То же	III	10Ос	25	4,250	7	10	85	16,1	2,4	2,3	0,8	–	1,7	1,3	–	2,3	0,8	–	1,7
950	Тав.-грв.	II	10Ос	35	1,387	14	16	172	67,2	10,1	8,55	3	–	2,36	3,11	–	1,33	3	–	1,16
951	То же	I	10Ос	45	1,160	17	20	220	97	15,9	10,4	2,38	–	0,3	4,4	–	1,48	2,3	–	0,3
952	Дуб.-лщ.-шрт.	II	10Ос	55	1,654	17	20	285	134	17,9	18,6	2,95	–	0,4	3,4	–	1,29	3	–	0,4
953	Пап.-сн.	I	10Ос	55	0,937	21	24	298	160	19,7	21,5	6,1	31,9	0,2	5,1	–	3,4	4,3	–	0,2
954	Тав.-грв.	I	10Ос	75	1,185	27	26	350	186,8	26,4	28,9	7,4	37,9	1,82	3,5	–	1,7	4,5	–	0,815

Лесостепь

Ремезов, Быкова, 1953; Родин, Базилевич, 1965а Воронежская обл.: Орлово, Краснолесный 51°50′ с.ш., 39°35′ в.д.

955	Оск.-сн.	II	8Ос1Лп1Кл	10	11,630	2,2	4,9	12,1	4,9	–	0,20	0,6	12,2	0,11	8,24					
956	То же	Iб	10Ос	25	3,340	10,8	17,3	332	135	–	12,0	3,0	35,0	0,44	13,5	3,5	3,7	–	–	12,0
957	–"–	Iб	10Ос	50	0,648	25,2	28,0	500	203	–	11,0	3,0	37,0	0,28	10,6	4,7	2,1	–	–	11,0

Степь

Прозоровский, Самойлова, 1972 Тамбовская обл.: южная часть 52° с.ш., 42° в.д.

958	Оск.	I	10Ос	26	2,645	12,6	12,0	184*	77,2	–	29,0	6,35	36,0	2,63	5,29	–	3,38	6,35	4,87	4,07

(С) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ

Северная тайга

Вакуров, Полякова, 1982 Архангельская обл.: Онега 63°30′ с.ш., 38°40′ в.д.

959	Чер.-рзт.	III	9Ос1Б	35	3,00	8,8	14	169	77,9	10,6	6,8	1,83	17	–	2,49	–	0,33	1,83	0,58	–

Populus alba

Степь

Оськина, Беспалов, 1992 Уральская обл.: Дарьинское 51° с.ш., 51°20′ в.д.

960	–	I	10Т	12	12,54	3,8	5,8	62,5	34,8	7,31	4,45	1,91	15,0*	–	6,36	1,64	1,59	1,91	–	–
961	–	Iа	10Т	20	1,9	10,3	15,5	132	63	12,1	8,1	2,28	–	–	6,43	1,24	1,85	2,28	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
962	–	Ia	10Т	34	0,787	27,4	26	500	200,2	34,1	21,3	4	–	–	12,2	2,07	2,64	4	–	–
963	–	V	10Т	11	6,8	0,3	1,5	1,3	0,91	0,41	0,78	0,25	–	–	0,1	0,04	0,18	0,25	–	–
964	–	IV	10Т	22	4,55	5,2	6,8	30	16,1	5,94	4,24	0,8	6,0*	–	1,3	0,49	0,8	0,8	–	–
965	–	IV	10Т	68	0,224	34,7	14,5	106	58,9	12,2	37,0	2,22	–	–	1,5	0,35	2,03	2,22	–	–
966	–	Va	10Т	16	1,4	0,7	1,7	0,5	0,37	0,16	0,31	0,06	–	–	0,03	0,01	0,05	0,06	–	–
967	–	Va	10Т	30	0,9	3,8	3	3,1	1,88	0,71	0,91	0,15	–	–	0,1	0,04	0,08	0,15	–	–
968	–	Va	10Т	64	0,417	19	7,5	50	19,9	7,45	4,46	0,62	–	–	0,42	0,16	0,25	0,62	–	–
(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Средняя тайга																				
Пристова, 2007			Коми: Княжпогостский район, Ляльский стационар												62°17′ с.ш., 50°40′ в.д.					
969	–	I	5Ос4Б1С	46	1,675	15,0	18,0	270	117,3	11,9	13,7	5,92	30,2	2,26	5,62	0,09	0,76	3,96	2,85	0,98
Populus tremula																				
(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Лесостепь																				
Ведрова и др., 2000			Красноярский край: р. Кемчуг												56°13′ с.ш., 92°19′ в.д.					
970	Суглин.	I	10Ос	25	5,55	8,3	10,2	186	76,6	13,5	7,7	3,1	17,2	–	3,33	0,32	2,69	3,08	0,33	–
(I) ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Южная тайга																				
Коносов, 1975			Бурятия: хр. Хамар-Дабан												51° с.ш., 105° в.д.					
971	Брс.	IV	10Ос	54	2,59	10,1	13,5	132	67,5	6,14	6,65	2,12	15	0,66	1,48	0,13	0,15	2,12	0,33	0,155

Электронный архив УГЛТУ

7. ОЛЬХА (*ALNUS*)

Alnus glutinosa

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Широколиственные леса

Hughes, 1971 — Англия: Дарем — 67 м над ур. м. — 52°40′ с.ш., 1°20′ в.д.

972	–	III	6Ол4Б	50	1,600	12,9	12,0	198*	90,9	–	16	1,7	–	–	3,62*	–	0,64*	1,70	–	–

Kestemont, 1975 (цит. по: Cannell, 1982) — Бельгия: Арденны — 265 м над ур. м. — 50°01′ с.ш., 5°05′ в.д.

973	–	Ia	10Ол	16	5,719	8,4*	9,0	137*	54,9	–	4,40	2,79	4,3	1,9*	5,4*	–	0,5*	2,79	–	–

(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Хвойно-широколиственные леса

Бумблаускис, 1996 — Литва: Мариямполе, заповедник Жувинтас — 54°30′ с.ш., 23°10′ в.д.

974	Крп.	III	10Ол	40	–	12,0	12,0	140	66,3	–	5,12	0,98	12,9	2,04		5,54		0,98	–	2,49

Широколиственные леса

Сидорович и др., 1985 — Белоруссия: Минский стационар — 54° с.ш., 27°30′ в.д.

975	Крп.	Ia	10Ол	45	0,720	23	19,4	315	136	–	17,3	3,23	38,2	11,9	6,89	–	1,965	3,23	1,89	2,32
976	То же	Ia	6Ол3Б1Е	40	1,380	15,6	20,8	330	164,2	–	14,8	5,9	26,8	3,68	6,91	–	1,3	3,22	1,17	0,72

(C) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ

Лесотундра

Чепурко, 1971, 1972 — Кольский полуостров: Хибины, р. Юкспориок — 140–450 м над ур. м. — 68° с.ш., 34° в.д.

977	Рзт.	V	5Ол3И2Б	30	14,300	5	5,4	30*	14,9	–	18,2	2,03	10,1	3,33	0,79	–	0,94	2,03	0,53	1,81

8. ДУБ (*QUERCUS*)

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Quercus robur

Хвойно-широколиственные леса

Andersson, 1970 — Швеция: Лунд (Lund) — 60 м над ур. м. — 55°44′ с.ш., 13°18′ в.д.

978	–	IV	8Д1Лп1Лщ	149	0,332	31,9	20,9	298	131,4	13,0	48,5	3,55	39,2	17,4	2,0	–	1,10	3,55	1,90	3,00

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Широколиственные леса																				
Satchell, 1971; Cannell, 1982					Англия: Ланкастер (Lancaster)							45 м над ур. м.			54°12′ с.ш., 2°54′ з.д.					
979	–	IV	5Д3Яс2Б	80	0,752	17,6	14,0*	92*	64,7*	–	28,6*	3,7	–	14,8	2,27	–	0,46	3,7	–	1.63
980	–	IV	5Д3Яс2Б	80	0,759	18,6	14,6*	108*	75,9	10,2	33,6	3,2	23,8	15,5	2,25	0,38	0,95	3,2	–	0,55
Yuste et al., 2005					Бельгия: Антверпен							16 м над ур. м.			51°18′ с.ш., 4°31′ в.д.					
981	Molinia	III	10Д	67	0,310	24,1	17,2	167*	104,9	–	41,7	4,3	25,4	–	5,5	–	3,5	4,4	3,7	–
Auclair, Métayer, 1980					Франция: Орлеан (Orleans)							50–200 м над ур. м.			47°50′ с.ш., 1°50′ в.д.					
982	–	IV	10Д	40	3,064	9,2	8,9	66*	43,0	–	11,8	2,2	–	–	2,7			2,2	–	–
Burger, 1947					Швейцария: Адлисберг (Adlisberg)							650 м над ур. м.			47°30′ с.ш., 8°45′ в.д.					
983	Культ.	Ia	10Д	13	10,300	6,1	7,0	124	71,8	–	16,8	5,3	–	–	10,1	–	–	5,30	–	–
Vyskot, 1976					Чехия: Южная Моравия, Леднице (Lednice)							162 м над ур. м.			48°48′ с.ш., 16°46′ в.д.					
984	Пойм.	I	8Д2Яс	96	0,854	39,0	29,1	465	248,2	29,8	62,7	3,48	46,0	–	11,2	–	3,46	3,23	–	–
Medwecka-Kornas et al., 1974					Польша: около Кракова (Krakow, Ispina)							180 м над ур. м.			50°06′ с.ш., 20°22′ в.д.					
985	–	II	8Д2Б	100	0,297	31,8	25,0	295*	206,4	–	17,5	2,0	50,0	34,6	4,27	–	0,30	2,0	–	0,71
Quercus petraea																				
Duvigneaud et al., 1977a, б					Бельгия: Арденны							50–100 м над ур. м.			50° с.ш., 4–5° в.д.					
986	–	III	10Д	117	0,163	46,7*	24,0	300	180,2	18,5	58,3	3,50	54,3	19,9	2,5	–	3,4	3,0	1,7	3,3
987	–	III	10Д	120	0,111	54,7*	24,0	304	210,0	22,0	88,2	3,95	51,2	31,0	2,0	–	2,7	3,5	0,8	3,4
988	–	III	10Д	90	0,192	32,8*	20,0	148	88,0	–	34,2	3,05	29,3	31,6	1,3	–	1,4	2,7	1,0	5,2

Электронный архив УГЛТУ

989	–	III	10Д	90	0,178	34,8*	21,0	162	98,3	–	39,8	3,30	32,9	29,8	1,4	–	1,7	2,9	1,1	4,9
990	–	III	10Д	135	0,422	23,8*	22,0	188	120,9	–	75,8	3,20	36,2	6,9	0,7	–	2,3	2,8	0,6	2,9
991	–	II	8Д2Б	23	7,000	5,6*	8,0	77*	45,7*	–	25,7*	3,07	19,2	7,6		6,64		3,1	1,3	1,4
992	–	II	4Д3Бк3Гр	55	1,486	11,5*	17,0	129	73,3	8,8	38,9	3,46	34,6	5,4	3,00	–	3,14	3,46	2,0	1,2
Kestemont, 1975 (цит. по: Cannell, 1982)					Бельгия: Мирварт									350 м над ур. м.		50° с.ш., 5°14′ в.д.				
993	Plantation	I	10Д	66	0,958	20,7	22,0	221*	130,5	–	36,9	3,60	41,8	18,8	3,58	–	3,58	3,60	1,70	–
Drift, 1974					Нидерланды: Меердинк (Meerdink)									45 м над ур. м.		51°55′ с.ш., 6°42′ в.д.				
994	–	II	10Д	140	0,300	37,9	27,2	364*	236,5	–	28,5	3,30	41,8	9,0	3,50	–	0,80	3,30	2,20	0,70
Jakucs, 1985					Венгрия: Эгер									330 м над ур. м.		47°50′ с.ш., 20°46′ в.д.				
995	–	III	10Д	73	0,872	21,7	17,8	217	141,2	12,1	62,5	4,73	32,6	7,21	2,66	–	1,38	4,73	0,65	2,11
Jakucs, 1985					Венгрия: Эгер									270 м над ур. м.		47°54′ с.ш., 20°28′ в.д.				
996	–	III	10Д	67	0,816	20,5	17,4	216*	140,4	–	59,1	3,37	35,6	4,27	3,0	–	0,78	3,37	–	0,30
Quercus pubescens																				
Donita et al., 1970 (цит. по: DeAngelis et al., 1981)					Румыния: Бабадаг (Babadag)									170 м над ур. м.		44°54′ с.ш., 28°43′ в.д.				
997	–	IV	10Д	37	2,730	10,3	6,8	76*	49,6	15,2	7,74	2,38	–	–	1,30	0,40	0,21	2,38	–	–
Sindani, Lejoly, 1990					Юг Франции: Альпийская горная провинция									1450 м над ур. м.		Около 44° с.ш., 07° в.д.				
998	–		7Д3С	30–50	–	–	6–10	56*	36,8	6,9	18,0	4,44	–	11,4	1,66	0,32	2,68	2,96	–	1,93
Quercus pedunculiflora																				
Donita et al., 1970 (цит. по: DeAngelis et al., 1981)					Румыния: Бабадаг (Babadag)									170 м над ур. м.		44°54′ с.ш., 28°43′ в.д.				
999	–	III	10Д	37	1,970	11,1	8,6	70*	45,5	19,5	3,35	3,26	–	–	1,76	0,75	0,28	3,26	–	–
Quercus ilex																				
Субтропики (Mediterranian forests)																				
Lossaint, Rapp, 1978					Южная Франция: Монпелье (Montpellier)									185 м над ур. м.		43°36′ с.ш., 3°53′ в.д.				
1000	–	Va	10Д	150	1,440	18,8	11,0	361*	235	–	27,0	7,0	50,0	2,2		2,2		4,5	–	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Bruno et al., 1976–1977			Италия: Кастельпорциано, Рим (Castelporziano, Roma)												41°50′ с.ш., 12°30′ в.д.					
1001	–	V	10Д	28*	1,711	15,8*	5,86*	92*	59,7	–	74,1	7,83	34,0	–	1,75	–	4,62	2,61	2,15	–
Leonardi, Rapp, 1982			Италия: Сицилия, Этна (Sicile, Etna)									1400 м над ур. м.			37°40′ с.ш., 15°00′ в.д.					
1002	–	*V*	9Д1Др	31	10,865	6,7	5,2	154*	100,6	–	43,6	8,11	–	–	7,72					
			Quercus robur																	
			(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																	
			Хвойно-широколиственные леса																	
Hytteborn, 1975; Persson, 1975			Швеция: Андерсби, оз. Даннемора (Andersby, near Dannemora)												60°09′ с.ш., 17°49′ в.д.					
1003	–	IV	8Д1Б1Ряб	200	0,452	18,6	23,0	93*	55,5	6,8	20,3	1,61	–	6,9	0,91	0,14	1,32	1,61	–	1,42
			Широколиственные леса																	
Сидорович и др., 1985; Бусько, 1986			Белоруссия: Минск, Осиповичи												53–54° с.ш., 28° в.д.					
1004	Граб.	I	10Д	50	1,015	19,6	18,4	318	182,9	–	32,5	3,79	69	2,42	10,83	–	2,85	3,79	3,92	0,49
1005	То же	I	8Д2Яс	55	0,854	20,3	19,4	252	157,5	–	17,0	2,84	48,2	21,9	2,67	–	0,71	2,84	0,26	3,75
1006	–"–	I	7Д2Е1Б	55	0,885	20,0	22,7	245			205,6			–			13,9			–
Нешатаев, 1974а, б			Белгородская обл.: Борисовка									200 м над ур. м.			50°38′ с.ш., 35°58′ в.д.					
1007	Сн.	I	6Д3Лп1Кл	280	0,600	80,0	31,0	410	228	36,9	68,9	3,6	124,9	6,9	2,37	–	2,27	3,6	–	0,58
1008	Оск.	I	8Д1Кл1Лп	80	0,499	31,7	25,0	297	183	21,7	56,3	2,67	64,4	8,9	2,52	–	2,57	2,67	–	1,00
Бойко и др., 1975а, б; 1976			Белоруссия, Гомельская обл.: Петриков, Житковичи												52° с.ш., 28° в.д.					
1009	Кис.-пап.	II	8Д2Ос	60	0,600	19,6	18,2	159	100,8	16,4	17,3	2,5	32,9	3,0	–	–	–	2,5	0,74	1,74
1010	Сн.-крп.	I	4Д2Яс2Б 1Ол1Ос	60	0,735	19,8	22,6	247	157,5	13,2	17,0	2,8	54,4	21,4	–	–	–	2,8	0,93	3,91

Электронный архив УГЛТУ

1011	Чер.	III	9Д1Ол	100	0,500	22,2	21,8	196	123,9	22,9	20,0	3,3	34,0	7,5	–	–	–	3,3	0,42	2,65
1012	Орл.	IV	8Д2Б	140	0,480	25,8	21,6	260	132,3	24,3	24,3	3,7	47,6	3,6	–	–	–	3,7	0,48	1,65

Лесостепь

Ватковский, 1969, 1976 Воронежская обл.: Борисоглебск, Теллермановское лесничество 51°20′ с.ш., 42° в.д.

1013	Слнц.	–	10Д	1	–	–	0,7	–	–	–	0,91	0,57	–	0,21	–	–	–	0,57	–	–
1014	То же	–	10Д	2	–	–	1,0	–	–	–	3,26	1,49	–	0,29	–	–	0,78	1,49	–	–
1015	–"–	IV	10Д	23	16,9	2,9	4,5	35	26,5	5,5	6,19	2,98	61,5	0,08	1,32	–	0,73	2,98	–	–
1016	–"–	V	10Д	57	2,06	10,8	9,1	90	58,3	13,5	8,19	2,48	67,1	2,63	1,43	–	0,69	2,48	–	0,13
1017	–"–	V	10Д	74	0,868	15,5	9,8	105	60,4	12,4	6,62	1,84	58,5	8,29	1,51	–	0,74	1,84	–	0,63
1018	–"–	Va	10Д	183	0,6	22	12,1	150	89,9	20,4	6,5	1,27	55,1	5,56	0,64	–	0,26	1,27	–	0,27

Ремезов и др., 1959; Родин, Базилевич, 1965а Воронежская обл.: Воронежский заповедник 51°40' с.ш., 39°20' в.д.

1019	Оск.-сн.	I	6Д3Кл1Ил	12	17,100	2,8	5,2	29*	18,1	–	3,11	3,3	22,7	21,8		1,9		3,3	2,2	–
1020	То же	I	8Д1Яс1Ил	48	1,584	23,1	22,8	211*	148,1	–	34,2	3,6	70,2	5,0		3,6		3,6	1,6	–

Мина, 1955 Воронежская обл.: Борисоглебск, Теллермановское лесничество 51°20′ с.ш., 42° в.д.

1021	Яс.-оск.-сн.	I	7Д2Лп1Яс	25	4,183	7,3	9,2	50*	33,2*	–	5,63*	2,20	34,9	6,70		2,87		2,20	1,40	1,11
1022	То же	I	5Д3Яс1Лп 1Кл	42	1,704	17,5	17,5	118*	86,1*	–	19,4*	3,20	45,9	1,98		3,67		3,20	0,61	0,55
1023	–"–	I	5Д3Яс1Лп 1Кл	56	1,436	22,0	21,0	313*	205,5*	–	43,6*	3,20	85,1	2,48		2,71		3,20	1,02	0,71
1024	–"–	II	7Д1Яс1Кл 1Лп	220	0,386	74,0	30,0	515*	337,8*	–	61,3*	2,97	97,3	4,49		2,47		2,97	0,25	0,76

Quercus crispula

(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА

Широколиственные леса

Tateno, Takeda, 2003; Tateno et al., 2004 О-в Хонсю, преф. Киото: Оцу 680–720 м над ур. м. 35°18′ с.ш., 135°43′ в.д.

1025	Естест. sasa	IV	4Д3Бк1Гр 1Кл1Пр	50*	0,917	18,9	11,5	324	200,0	–	118,0	3,61	53,3	–	2,10	–	1,32	3,61	2,45	–
1026	То же	IV	3Д2Бк1Кл 4Пр	50*	2,167	11,2	6,1	140	86,5	–	23,8	3,21	41,9	–	1,52	–	0,53	3,21	2,89	–

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
(M) ПРИЧЕРНОМОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Quercus iberica																				
Твалавадзе, 1979				Восточная Грузия: Предгорье Сагурамо-Ялнойского хребта; с. Марткопи											41°30′ с.ш., 45°30′ в.д.					
1027	Natural	–	6Д4Гр	23	–	–	–	–	66,9				20,9	–	5,0					
1028	То же	–	6Д4Гр	37	–	–	–	–	101,0				33,7	–	6,4					
Quercus imeretina																				
Тарасашвили, 1986; Урушадзе, Тарасашвили, 1991				Грузия: Аджаметский заповедник				110 м над ур. м.							42°10′ с.ш., 43° в.д.					
1029	Пап.	IV	10Д	138	–	32,0	18,0	280*	158,5	17,3	36,0	3,01	34,0	–	1,66*	–	0,21*	1,95*	0,08*	–
1030	Зверобоев.	IV	10Д	133	–	34,0	21,0	299*	168,4	18,3	34,0	1,77	26,1	–	1,66*	–	0,21*	1,95*	0,08*	–
1031	Зл.-рзт.	IV	10Д	156	–	40,0	20,0	270*	168,3	14,5	29,5	2,61	22,2	–	1,70*	–	0,22*	2,02*	0,10*	–
1032	Иглиц.	IV	10Д	152	–	36,0	21,0	315*	196,1	21,2	32,6	3,27	22,3	–	2,43*	–	0,28*	2,84*	0,14*	–
1033	Азал.	III	10Д	147	–	42,0	21,0	275*	171,1	16,2	28,6	1,98	16,7	–	1,66*	–	0,22*	1,96*	0,08*	–
1034	Граб.-бояр.	IV	10Д	142	–	34,0	20,0	164*	102,4	10,0	25,8	2,27	15,3	–	1,62*	–	0,18*	1,86*	0,07*	–
Q. castaneifolia																				
(N) КАВКАЗСКО-МАЛОАЗИАТСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Сафаров, Джалилов, 1973				Азербайджан: Тальш											39° с.ш., 48°30′ в.д.					
1035	Мпк.	Ia	10Д	80	0,490	28,7	27,5	450	266,7	10,0	24,9	7,23	–	1,27	7,89	0,08	0,91	3,65	–	–
1036	Олх.	Ia	5Д3Ол1Кг1Жд	60	1,35	20,3	22,6	397	244,3	–	22,6	5,99	–	2,80	11,1	0,07	0,78	5,67	–	–
1037	Кул.	Ia	10Д	18	1,610	11,4	10,5	151	93,3	–	8,6	5,68	–	3,41	5,07	–	0,87	5,68	–	–

Электронный архив УГЛТУ

9. БУК (*FAGUS*)

Fagus sylvatica

(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Хвойно-широколиственные леса

Nihlgård, Lindgren, 1977				Швеция: Конгалунд (Kongalund, Oved, Langarod)								60–150 м над ур. м.				56°00′ с.ш., 13°30′ в.д.					
1038	Ест.	II	10Бк	90	0,240	39,0	25,0	553	221,0	9,0	99,0	3,6	51,0	–	4,8	0,2	5,3	3,6	2,4	–
1039	То же	I	10Бк	90	0,180	46,9	28,0	452	245,0	11,0	64,9	4,1	43,4	–	5,6	0,3	6,1	4,1	2,3	–
1040	–"–	II	10Бк	100	0,320	34,4	22,0	301	166,0	8,0	56,3	2,7	36,6	1,0	3,5	0,2	4,4	2,7	1,7	–

Широколиственные леса

Möller, 1946				Дания: о-в Зеландия, Хиллеред (Hilleröd, Nödebo)								200 м над ур. м.				56°00′ с.ш., 12°20′ в.д.					
1041	Кис.	II	10Бк	47	1,433	12,5	14,6	172	129	–	–	2,1	–	–	8,3	–	–	2,1	–	–
1042	То же	II	10Бк	54	0,956	16,5	16,1	204	153	–	–	2,2	–	–	9,5	–	–	2,2	–	–
1043	–"–	III	10Бк	58	1,266	13,5	14,5	165	124	–	–	2,5	–	–	6,2	–	–	2,5	–	–
1044	–"–	III	10Бк	118	0,271	37,5	24,8	429	322	–	–	2,6	–	–	7,6	–	–	2,6	–	–
1045	Мш.	IV	10Бк	150	0,300	35,4	22,1	378	284	–	–	2,9	–	–	4,6	–	–	2,9	–	–
1046	То же	III	10Бк	200	0,154	48,0	26,0	415	311	–	–	2,6	–	–	4,4	–	–	2,6	–	–
Möller et al., 1954				Дания: Центральная Зеландия												55°31′ с.ш., 11°46′ в.д.					
1047	Ест.	III	10Бк	8	510,0	1,0*	1,7	24*	14,6*	–	2,2*	2,1	3,4	–		4,0			0,8	–
1048	То же	II	10Бк	25	3,800	7,6	8,2	107	61,1*	–	–	–	12,2	–		8,0			1,6	–
1049	–"–	I	10Бк	46	0,960	17,6	16,2	226	134*	–	–	–	25,8	–		8,0			1,6	–
1050	–"–	I	10Бк	85	0,260	36,1	25,9	401	235*	–	–	–	45,6	–		6,2			1,2	–
Holm, Jensen, 1972 (цит. по: DeAngelis et al., 1981)				Дания: Hestehaven								11–28 м над ур. м.				56°18′ с.ш., 10°29′ в.д.					
1051	–	I	10Бк	87	0,370	31,3	28,6	262*	170,4	7,4	43,2	2,10	43,2	5,40	5,17	0,26	4,45	2,10	–	0,79
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000				Дания: Грибсков								45 м над ур. м.				55°58′ с.ш., 12°15′ в.д.					
1052	Oxalid.	II	10Бк	118	0,400	40,5	26,3	409*	265,9	–	60,4	4,7	73,7	–	2,0	–	2,2	4,7	3,4	–
Duvigneaud et al., 1977а, б				Бельгия: Мирварт								350 м над ур. м.				50°02′ с.ш., 5°14′ в.д.					
1053	Трв.	I	10Бк	144	0,156	52,2	30,8	346*	224,6	13,6	144,3	3,3	74,7	1,00	4,14	–	1,83	3,0	1,37	0,8
1054	То же	II	9Бк1Д	130	0,190	44,0	27,5	329*	213,6	14,6	122,4	3,1	68,3	1,34	2,60	–	4,00	3,1	1,90	0,4

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Ellenberg, 1971 (цит. по: DeAngelis et al., 1981)			Германия: Золлинг									430–500 м над ур. м.				51°49′ с.ш., 9°35′ в.д.				
1055	–	III	10Бк	59	3,620	10,3	15,1	159	110,1	7,2	41,5	3,2	24,0	–	7,67	0,50	0,99	3,2	1,26	–
1056	–	III	10Бк	80	1,190	16,4	20,3	219	129,6	8,4	25,9	3,3	22,1	–	5,90	0,38	0,45	3,3	0,63	–
1057	–	III	10Бк	122	0,243	38,5	26,5	348	238,4	15,5	32,5	3,1	30,0	–	6,49	0,42	0,78	3,1	0,66	–
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Германия: Шахт									850 м над ур. м.				50°04′ с.ш., 11°50′ в.д.				
1058	Misched	III	10Бк	120	0,372	33,6	24,0	343*	222,9	–	45,8	3,5	56,6	–	2,0	–	2,2	3,5	3,1	–
Ebermayer, 1876; Родин, Базилевич, 1965а			Германия: Бавария (Bayern)									850 м над ур. м.				50°04′ с.ш., 11°50′ в.д.				
1059	–		10Бк	120	–	–	–	–	270,0			5,0	95,0	–	5,0		4,9	3,1	–	
Lemee, 1978			Франция: Фонтенбло (Fontainebleau)									135 м над ур. м.				48°24′ с.ш., 2°42′ в.д.				
1060	–	II	10Бк	210	0,350	31,6	32,0	357*	232,0	–	58,0	3,5	49,0	–	4,76		3,5	0,80	–	
Ottorini, Le Goff, 1998; Le Goff, Ottorini, 2001			Франция, восточная часть: Гессе (Hesse)									300 м над ур. м.				48°40′ с.ш., 7°05′ в.д.				
1061	Mull-loam	I	8Бк1Гр1Б	30	3,500	7,6	13,0	142*	92,1	8,44	14,1	3,27	19,9	–	9,18	–	1,63	3,27	1,37	–
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Франция: Обэр (Aubure)									1000 м над ур. м.				48°12′ с.ш., 7°11′ в.д.				
1062	Polystich	III	10Бк	161	0,352	34,9	22,4	381,8	203,7	14,5	48,3	2,8	55,7	–	2,0	–	2,2	2,8	2,0	–
Sindani, Lejoly, 1990			Юг Франции: Альпийская горная провинция									1450 м над ур. м.				Около 44° с.ш., 07° в.д.				
1063	–		10Бк	–	–	–	10–20	216*	133,8	12,6	48,1	4,41	–	24,0	4,24	0,39	4,49	4,41	–	3,72
Masci et al., 1998; Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000			Италия: Коллелонго									1560 м над ур. м.				41°52′ с.ш., 13°38′ в.д.				
1064	Galium	IV	10Бк	104	0,885	21,2	18,0	291,3	174,2	13,8	31,8	2,8	59,0	–	2,8	–	3,1	2,8	4,8	–

Электронный архив УГЛТУ

Calamini et al., 1989				Италия: Пистойские Апеннины (Pian di Novello)										? м над ур. м.				? с.ш., ? в.д.					
1065	Galium	II	10Бк	102	0,325	34,0	24,9	660*	275,5	–	42,7	3,28	43,0	–	7,12	–	2,67	3,28	–	–			
Petrusewicz, 1967				Польша: около Кракова (Krakow, Ojcow)										180 м над ур. м.				50°06′ с.ш., 20°01′ в.д.					
1066	–	I	10Бк	75	–	–	26,0	338*	244,1			2,9	50,0	–		7,10		2,9	–	–			
Persson et al., 2000; Scarascia-Mugnozza, 2000				Чехия: Йезери										750 м над ур. м.				50°33′ с.ш., 13°28′ в.д.					
1067	–	I	10Бк	79	0,568	30,0	24,0	385,0	160,7	–	40,2	3,7	50,8	–	4,2	–	4,6	3,7	4,1	–			
Антонов, 1986				Болгария: Центральная Стара-Планина, Рибарица										1560 м над ур. м.				42°30′ с.ш., 25° в.д.					
1068	–	III	10Бк	100	0,730	28,0	21,5	490*	371,2	–	38,3	4,14	103,4	–	2,60	–	2,02	3,37	1,64	–			
Гарелков, 1970				Болгария: Западная Стара-Планина										1400–1600 м над ур. м.				42–43° с.ш., 23–25° в.д.					
1069	Чер.	Va	10Бк	100	2,580	14,0	14,5	273	169,6	–	24,2	3,77	57,4	–	1,7	–	0,8	3,8	–	–			
1070	Овс.	V	10Бк	100	2,000	18,0	17,2	352	280,0	–	31,6	2,86	37,5	–	2,8	–	0,3	2,9	–	–			
1071	Ясм.	IV	10Бк	100	1,200	24,0	23,7	460	364,7	–	49,1	4,67	49,7	–	3,6	–	1,0	4,7	–	–			
Bindiu, 1973 (цит. по: Cannell, 1982)				Румыния: Синая (Sinaia)										1000 м над ур. м.				45°23′ с.ш., 23°15′ в.д.					
1072	–	I	7Бк3П	400	0,842	25,2	39,0	410*	266,3	23,2	14,3	1,41	57,6*	0,2	4,55	0,37	0,75	1,41	–	–			
(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																							
Широколиственные леса																							
Одинак, Борсук, 1977, 1983; Голубець и др., 1988				Украинские Карпаты: Бескиды										410–570 м над ур. м.				49°10′ с.ш., 23°30′ в.д.					
1073	Злч.-оск.	Ia	10Бк	33	4,200	8,7	14,0	186	119,2	–	14,7	3,59	40,1	0,15	8,89	–	3,60	3,59	3,74	0,10			
1074	То же	Ia	10Бк	48	2,285	13,0	20,4	276	174,4	–	17,3	2,77	54,6	0,34	7,73	–	2,64	2,77	2,95	0,34			
1075	–"–	Ia	10Бк	75	0,680	26,9	30,9	560	342,4	–	38,1	3,05	105,6	0,54	7,12	–	3,25	3,05	2,88	0,34			
1076	–"–	Ia	10Бк	100	0,428	35,6	35,6	754	444,6	–	42,2	2,79	127,3	0,81	6,66	–	2,77	2,79	2,47	0,51			
1077	Ясм.-оск.	I	10Бк	98	0,542	35,1	29,6	464	292,0	–	62,2	3,47	100,5	0,67	6,07	–	3,66	3,47	2,76	0,42			
1078	Ож.-оск.	II	10Бк	122	0,436	38,5	29,5	356	220,5	–	49,7	2,30	91,6	0,37	3,87	–	2,17	2,30	2,05	0,21			
1079	Чер.	III	10Бк	97	0,475	33,8	20,9	193	123,6	–	41,1	2,70	67,8	0,93	3,32	–	1,78	2,70	2,10	0,56			
1080	Кис.	IV	10Бк	137	0,748	35,4	21,5	226	141,1	–	56,1	2,43	70,2	0,17	2,37	–	2,28	2,43	1,65	0,10			

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
Пастернак, Черняевский, 1977									Украина, Карпаты: Надворная						1100 м над ур. м.				48°45′ с.ш., 24°30′ в.д.	
1081	Сурам.	II	7Бк2Яв1Е	26	9,832	6,9	8,9	118	70,0	2,71	20,7	5,04	38,9	0,41	5,77	–	1,24	30,4	3,76	0,02
1082	То же	II	4Бк4Е2Яв	27	9,897	6,1	8,4	132	75,3	7,83	20,3	7,48	48,3	0,40	7,68	–	1,22	26,6	5,79	0,02
1083	–"–	IV	4Б4П2Е	25	28,889	2,7	4,7	92	40,5	2,33	6,13	5,76	21,1	0,02	4,03	–	0,43	13,8	3,09	0,01
									Fagus crenata											
									(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА											
									Широколиственные леса											
Tateno, Takeda, 2003; Tateno et al., 2004									О-в Хонсю, преф. Киото: Оцу						680–720 м над ур. м.				35°18′ с.ш., 135°43′ в.д.	
1084	Естест. sasa	IV	4Бк2Д1Гр 1Кл2Пр	50*	0,950	15,7	10,2	196	120,8	–	58,9	3,46	38,3	–	2,03	–	1,10	3,46	4,72	–
1085	То же	IV	3Бк3Д2Гр 2Пр	50*	1,233	13,5	8,1	135	83,3	–	28,1	3,19	32,8	–	1,94	–	0,89	3,19	4,13	–
1086	–"–	V	2Бк2Кл 1Гр5Пр	50*	1,967	10,2	6,2	91	56,3	–	13,0	3,01	30,7	–	2,08	–	0,58	3,01	4,39	–
1087	–"–	V	2Бк1Кл 7Пр	50*	2,817	10,0	6,5	115	70,9	–	14,2	2,79	38,8	–	1,76	–	0,44	2,79	6,89	–
									10. ЛИПА (*TILIA*)											
									Tilia cordata											
									(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ											
									Хвойно-широколиственные леса											
Hytteborn, 1975; Persson, 1975									Швеция: Андерсби, оз. Даннемора (Andersby, near Dannemora)										60°09′ с.ш., 17°49′ в.д.	
1088	Супесч.	IV	4Лп3Кл3Д	116	0,212	27,1	20,0	107*	49,3	10,4	15,7	1,60	7,0	2,9	0,83	0,16	1,14	1,66	–	1,52

Электронный архив УГЛТУ

Смирнов, 1971а, б; Семенова, 1975			Московская область: Серебряный бор														55°40′ с.ш., 37°00′ в.д.			
1089	Влс.-оск.	III	9Лп1Д	77	1,006	19,4	19,2	272	122,0	23,0	16,3	2,5	50,8	3,13	2,26	–	0,22	2,5	0,97	0,52
			Широколиственные леса																	
Ремезов и др., 1959; Родин, Базилевич, 1965а			Мордовия														54°30′ с.ш., 44° в.д.			
1090	Оск.-сн.	II	10Лп	40	1,275	17,0	18,2	242*	106,5	–	10,1	2,0	38,2	0,22		4,9		2,9	1,8	–
1091	То же	II	10Лп	74	0,624	27,5	22,6	306*	140,8	–	23,4	3,5	54,7	2,70		1,8		4,5	0,9	–
			(C) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ																	
			Хвойно-широколиственные леса																	
Габделхаков, 2001			Башкирия, Предуралье: Иглино, Миловка														54°45′ с.ш., 56°20′ в.д.			
1092	Сн.	II	10Лп	13	8,22	4	6,3	49	11,4	4,38	16,8	0,91	–	2,4	1,02	–	1,18	0,91	–	0,54
1093	То же	II	9Лп1Ос	15	4,928	7,6	7,3	87	34,6	9,37	14,4	2,79	–	11	2,34	–	2,76	2,79	–	0,84
1094	–"–	II	10Лп	25	2,074	10,4	11,8	103	43,9	8,69	13,4	1,62	–	–	4,46	–	1,87	1,62	–	–
1095	–"–	II	10Лп	26	2,95	9,7	11,5	133	62,6	13	14,7	2,61	–	–	10,84	–	2,86	2,61	–	–
1096	–"–	II	10Лп	26	1,258	11,2	11,6	71	33,2	7,85	11,8	1,32	–	–	6,56	–	1,55	1,32	–	–
1097	–"–	II	10Лп	27	3,6	9,4	11,1	155	74,7	16,3	18,6	3,63	–	–	15,28	–	3,8	3,63	–	–
1098	–"–	II	9Лп1Вяз	47	1,335	18,8	18	336	139	31	15,8	2,04	–	1,09	3,91	–	1,28	2,04	–	0,73
1099	–"–	II	9Лп1Б	57	0,91	21,2	19,7	313	132,4	29,1	11,9	1,59	–	2,54	4,42	–	0,78	1,59	–	0,89
1100	–"–	III	9Лп1Б	61	0,88	19,6	19	259	120,6	26	21,9	2,29	–	4,59	4,18	–	1,19	2,29	–	0,49
1101	–"–	II	7Лп2Б1Д	64	0,472	24,1	21,1	223	110,5	23,2	15,8	3,02	–	2,05	2,53	–	0,92	3,02	–	0,62
1102	–"–	II	9Лп1Д	65	0,539	29,3	21,8	322	136,7	25,1	23,6	0,76	–	3,19	3,5	–	1,0	0,76	–	1,01
1103	–"–	II	7Лп2Б1Д	69	0,639	24,5	23,9	331	133	30,1	17,5	2,29	–	2,43	3,29	–	0,88	2,29	–	0,29
1104	–"–	III	10Лп	71	0,917	23,5	20,4	392	176,2	41,9	23,2	3,25	–	2,48	4,71	–	1,45	3,25	–	0,39
1105		III	7Лп3Б	80	0,74	23,4	19,7	318	161,7	35,2	34,0	5,08	–	2,26	3,32	–	1,17	5,08	–	0,8
1106		III	6Лп4Б	80	0,736	21,1	21,3	281	117,2	26,5	24,4	2,22	–	9,35	2,72	–	0,89	2,22	–	0,75
			(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																	
			Южная тайга																	
Семериков, 1991; Шлыкова, 1991			Свердловская обл.: Кузино										400 м над ур. м.				57° с.ш., 59°30′ в.д.			
1107	Трв.-лип.	III	3Лп3Б2П 1Е1Ряб	34	10,59	7,3	8,2	112	44,4	8,1	8,23	4,22	–	0,38	2,75	–	0,5	2,04	–	0,38

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания	Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
								всего	коры					всего	коры				
11. ГРАБ (*CARPINUS*)																			
Carpinus betulus																			
(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																			
Широколиственные леса																			
Auclair, Metayer, 1980		Франция: около Орлеана (near Orleans)										50–200 м над ур. м.				47°50′ с.ш., 1°50′ в.д.			
1108	–	II	10Гр	35	5,604	7,4	11,8	122*	79,5	–	24,5	3,5	–	–	5,5		3,5	–	–
Biskupsky, 1970 (цит. по: DeAngelis, 1981)		Словакия: Нитра										209 м над ур. м.				48°11′ с.ш., 17°54′ в.д.			
1109	–	II	10Гр	60	0,733	21,1	19,0	176*	114,7	14,3	42,8	3,42	75,1	0,82	3,29	0,41	4,01	3,4	–	0,14
Carpinus laxiflora, C. tschonoskii																			
(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА																			
Широколиственные леса																			
Tateno, Takeda, 2003; Tateno et al., 2004		О-в Хонсю, преф. Киото: Оцу										680–720 м над ур. м.				35°18′ с.ш., 135°43′ в.д.			
1110	Естест. sasa	IV	3Гр2Бк 2Кл3Пр	50*	1,800	11,7	7,3	121	74,4	–	18,4	3,19	35,9	–	2,73	–	0,85	3,19	3,64	–
12. ЯСЕНЬ (*FRAXINUS*)																			
Fraxinus exelsior																			
(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																			
Широколиственные леса																			
Boysen Jensen, 1932; Boysen Jensen, Müller, 1927		Дания: о. Зеландия, Соре (Sorö)										25 м. над ур. м.				55°26′ с.ш., 11°34′ в.д.			
1111	Кул.	I	10Яс	14	46,777	2,18	5,9	71,9	33,0	–	2,0	2,72	–	6,0*	4,1	–	1,1	2,7	–	–

Электронный архив УГЛТУ

Fraxinus mandshurica

(H) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК

Лесостепь

Ding, Sun, 1989						Сев.-Вост. Китай, пров. Хэйлунцзян													45°21′ с.ш., 127°30′ в.д.		
1112	Естест.	I	10Яс	43	0,620	22,2	16,6	243	93,1	13,2	36,8	5,88	–	5,9	2,17	0,31	0,85	1,52	–	–	
Li et al., 1981						Сев.-Вост. Китай, пров. Гирин							800 м над ур. м.				42°45′ с.ш., 128°16′ в.д.				
1113	Corylus.		4Яс3К3Д	160	0,772	23,6	–	493	203,4	–	23,4	5,11	53,0	43,7	5,84	–	1,31	2,74	5,31	4,99	

13. КЛЕН (*ACER*)

Acer platanoides

(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Хвойно-широколиственные леса

Hytteborn, 1975						Швеция: Андерсби (Andersby)													60°09′ с.ш., 17°49′ в.д.		
1114	Супесч.	IV	4Кл3Лп3Д	116	0,212	27,1	20,0	107*	49,3	10,4	15,7	1,60	7,0	2,9	0,83	0,16	1,14	1,66	–	1,52	

Acer micrantum, A. sieboldianum, A. japonicum, A. mono, A. atoenit

(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА

Широколиственные леса

Tateno, Takeda, 2003; Tateno et al., 2004						О-в Хонсю, преф. Киото: Оцу								680–720 м над ур. м.			35°18′ с.ш., 135°43′ в.д.				
1115	Естест. sasa	III	3Кл2Д2Гр 2Бк1Пр	50*	0,817	18,7	11,1	254	156,8	–	84,2	3,22	40,8	–	2,68	–	1,73	3,22	1,53	–	
1116	То же	IV	2Кл1Бк 7Пр	50*	2,433	10,4	6,4	119	73,5	–	20,0	2,98	42,5	–	2,17	–	0,73	2,98	7,67	–	

14. ДУГЛАСИЯ (*PSEUDOTSUGA MENZIESII*)

(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Широколиственные леса

Duvigneaud et al., 1977a, б						Бельгия: Мирварт								340–400 м над ур. м.			50°02′ с.ш., 05°16′ в.д.				
1117	Plantat.	Ib	10Дг	70	0,217	58,5	36,5	994*	367,0	33,0	29,1	7,7	67,0	1,3	14,0	1,0	5,1	2,6	3,9	1,1	

Электронный архив УГЛТУ

№ п/п	Условия произрастания		Состав	Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га					Годичная продукция, т/га					
									стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов	стволов		ветвей	листвы	корней	нижних ярусов
									всего	коры					всего	коры				
15. ИВА (*SALIX*)																				
***Salix* hybrid**																				
(A) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Широколиственные леса																				
Raschka, Auer, 1996			Австрия: Мархег									140 м над ур. м.			48°30′ с.ш., 14° в.д.					
1118	–		10Ив	10	2,02	14,7	14,3	226	95,8			–	–		9,6			–	–	
1119	–		10Ив	10	2,02	14,4	14,2	218	92,8			–	–		9,3			–	–	
1120	–		10Ив	10	2,02	13,7	13,9	189	80,2			–	–		8,0			–	–	
1121	–		10Ив	10	2,02	13,7	13,9	188	80,0			–	–		8,0			–	–	
1122	–		10Ив	10	2,02	13,5	13,8	186	79,2			–	–		7,9			–	–	
1123	–		10Ив	10	2,02	12,1	13,1	155	65,8			–	–		6,6			–	–	
1124	–		10Ив	10	2,02	12,0	13,0	142	60,4			–	–		6,0			–	–	
16. ЯБЛОНЯ СИВЕРСА (*MALUS SIEVERSII* (Ldb.))																				
Родионов и др., 1974, 1975			Заилийский Алатау: Каскелен, Иссык, Талгар									1500 м над ур. м.			43° с.ш., 77° в.д.					
1125	Зл.-рзт.		8Яб2Бр	90	0,400	30,2**	7,5	–	39,9	2,12	61,4	1,08	56,9	3,12	0,59	0,024	3,85	1,08	5,99	2,88
17. ЖЕЛЕЗНОЕ ДЕРЕВО (*PARROTIA PERSICA*)																				
(N) КАВКАЗСКО-МАЛОАЗИАТСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Исмиханова, 1979			Азербайджан: Тальш									550 м над ур. м.			38°50′ с.ш., 48°30′ в.д.					
1126	Желтозем	III	10Ж	15	–	–	–	21*	17,6			–	0,9		1,2					
1127	То же	III	10Ж	20	–	–	–	58*	48,4			–	0,2		2,3					
1128	–"–	IV	10Ж	30	0,950	–	11,0	43*	36,0			–	0,4		1,4					
1129	–"–	III	10Ж	40	–	–	–	108*	89,8			–	0,7		2,5					

Электронный архив УГЛТУ

18. КАШТАН ПОСЕВНОЙ (*CASTANEA SATIVA*)

(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Широколиственные леса

Ford, Newbould, 1970			Англия: Эшфорд (Ashford)									10 м над ур. м.				51°05′ с.ш., 0°55′ в.д.			
1130	–	10Кш	1	76,190	–	1,0	–	0,8		0,4	–	–		0,6		0,4	–	–	
1131	–	10Кш	2	40,000	0,8	2,5	–	2,5		0,7	–	–		1,8		0,7	–	–	
1132	–	10Кш	5	18,000	3,4	5,0	–	10,5		1,9	–	–		6,5		1,9	–	–	
1133	–	10Кш	9	14,000	5,8	7,0	–	28,5		3,6	–	–		7,3		3,6	–	–	

19. САКСАУЛ ЧЕРНЫЙ (*HALOXYLON AMMODENDRON* BGE)

Мирошниченко, 1974			Туркмения, пустыня Кара-Кумы, Репетек: Репетекский заповедник													38°30′ с.ш., 63°20′ в.д.			
1134	Оск.	10Сак	28	0,568	–	2,8	–	2,91	–	2,23	0,72	9,53	–	0,24	–	0,21	0,72	2,11	–

* Яб– яблоня Сиверса (*Malus sieversii*); Бр – боярышник джунгарский (*Crataegus songorica*); Др – дрок (*Genista aetensis*); Кг – карагана; Кш – каштан посевной (*Castanea sativa*). Остальные обозначения см. в прил. 15.

Электронный архив УГЛТУ

Расчетные возрастные тренды массообразующих показателей, фитомассы и ее годичного прироста для естественных сосняков Северной Евразии (по материалам базы данных)

Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га							Годичная продукция, т/га						
					стволов		ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего	стволов		ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры						всего	коры					
СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																		
Широколиственные леса																		
10	13,881	2,9	3,1	22,9	10,4	2,5	4,9	4,74	5,8	1,06	27,0	3,45	0,46	2,09	2,35	2,76	0,50	11,14
20	7,054	6,0	6,6	80,2	36,3	5,6	8,9	5,66	18,7	1,08	70,6	4,77	0,45	2,07	2,80	3,15	0,50	13,29
30	4,047	9,0	9,6	135,1	61,5	7,6	11,7	5,83	30,5	1,18	110,7	4,68	0,38	1,79	2,79	2,90	0,55	12,71
40	2,640	11,9	12,2	181,6	83,2	9,1	13,8	5,83	40,4	1,29	144,5	4,34	0,32	1,56	2,70	2,61	0,59	11,81
50	1,880	14,7	14,3	220,0	101,4	10,1	15,5	5,76	48,5	1,39	172,6	3,92	0,27	1,38	2,60	2,34	0,64	10,88
60	1,425	17,3	16,1	251,7	116,7	10,8	17,0	5,68	55,2	1,50	196,1	3,54	0,24	1,23	2,50	2,11	0,68	10,06
70	1,129	19,8	17,7	278,0	129,6	11,4	18,2	5,59	60,8	1,61	215,7	3,22	0,21	1,11	2,40	1,92	0,73	9,38
80	0,925	22,1	19,0	299,9	140,5	11,8	19,2	5,50	65,4	1,71	232,4	2,91	0,18	1,01	2,32	1,75	0,77	8,75
90	0,778	24,4	20,2	318,3	149,8	12,1	20,1	5,41	69,3	1,82	246,5	2,67	0,16	0,92	2,24	1,61	0,81	8,26
100	0,668	26,5	21,2	333,6	157,7	12,4	20,9	5,33	72,6	1,92	258,5	2,44	0,15	0,85	2,17	1,49	0,85	7,81
110	0,583	28,5	22,1	346,6	164,5	12,6	21,7	5,25	75,3	2,03	268,8	2,25	0,14	0,79	2,10	1,38	0,90	7,42
120	0,516	30,4	22,9	357,4	170,3	12,7	22,3	5,17	77,7	2,13	277,6	2,08	0,12	0,73	2,04	1,29	0,94	7,08
СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																		
Средняя тайга																		
10	18,130	2,3	2,7	17,1	7,9	2,3	2,7	3,93	2,0	3,73	20,3	2,39	0,50	1,47	1,34	0,79	0,91	6,90
20	9,596	4,5	5,8	60,5	28,0	5,2	4,8	4,70	6,5	3,82	47,9	3,28	0,48	1,41	1,57	0,88	0,93	8,07
30	5,582	6,8	8,5	102,0	47,6	7,1	6,3	4,84	10,7	4,17	73,5	3,29	0,41	1,24	1,57	0,82	1,01	7,93
40	3,661	8,9	10,7	137,0	64,3	8,4	7,4	4,82	14,1	4,55	95,2	3,00	0,34	1,07	1,51	0,73	1,09	7,41
50	2,614	10,9	12,6	165,7	78,2	9,3	8,3	4,76	16,9	4,95	113,1	2,71	0,29	0,94	1,45	0,65	1,18	6,93
60	1,982	12,9	14,2	189,2	89,8	10,0	9,0	4,68	19,1	5,34	128,0	2,46	0,25	0,84	1,39	0,59	1,27	6,54
70	1,570	14,7	15,6	208,5	99,6	10,5	9,6	4,59	21,0	5,73	140,5	2,22	0,22	0,75	1,34	0,53	1,35	6,19

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

80	1,285	16,4	16,8	224,4	107,7	10,9	10,2	4,51	22,6	6,12	151,1	2,02	0,20	0,68	1,28	0,48	1,44	5,90		
90	1,080	18,1	17,8	237,7	114,6	11,2	10,6	4,43	23,9	6,51	160,1	1,84	0,18	0,62	1,24	0,44	1,52	5,67		
100	0,926	19,6	18,7	248,7	120,5	11,4	11,0	4,36	24,9	6,89	167,7	1,68	0,16	0,57	1,20	0,41	1,60	5,46		
110	0,808	21,1	19,5	257,9	125,5	11,6	11,4	4,28	25,8	7,27	174,2	1,55	0,15	0,53	1,16	0,38	1,68	5,29		
120	0,715	22,5	20,2	265,6	129,7	11,7	11,7	4,22	26,6	7,65	179,8	1,43	0,13	0,49	1,12	0,35	1,76	5,16		
Южная тайга																				
10	10,751	3,0	3,1	16,4	7,5	1,6	3,3	4,83	2,2	2,92	20,7	2,36	0,28	0,94	1,75	1,68	0,49	7,21		
20	5,455	6,0	6,6	57,2	26,1	3,6	5,9	5,76	7,0	2,98	47,8	3,17	0,26	0,90	2,05	1,85	0,50	8,47		
30	3,130	9,0	9,7	96,4	44,3	4,9	7,8	5,94	11,5	3,24	72,7	3,14	0,22	0,78	2,05	1,71	0,54	8,22		
40	2,041	11,9	12,2	129,5	59,9	5,8	9,2	5,93	15,2	3,54	93,8	2,88	0,19	0,68	1,98	1,54	0,58	7,66		
50	1,454	14,7	14,3	156,9	73,0	6,4	10,4	5,86	18,2	3,83	111,3	2,61	0,16	0,60	1,90	1,38	0,62	7,11		
60	1,101	17,4	16,1	179,5	84,0	6,9	11,4	5,78	20,7	4,13	126,0	2,36	0,14	0,54	1,83	1,25	0,67	6,65		
70	0,872	19,9	17,7	198,2	93,3	7,3	12,2	5,69	22,8	4,42	138,4	2,14	0,12	0,48	1,77	1,14	0,71	6,24		
80	0,715	22,2	19,1	213,8	101,1	7,5	12,9	5,6	24,5	4,71	148,9	1,95	0,11	0,44	1,70	1,04	0,75	5,88		
90	0,601	24,5	20,2	226,9	107,8	7,7	13,5	5,51	26,0	5,00	157,8	1,78	0,10	0,40	1,64	0,95	0,80	5,58		
100	0,516	26,6	21,3	237,9	113,5	7,9	14,0	5,42	27,2	5,29	165,5	1,64	0,09	0,37	1,59	0,88	0,84	5,32		
110	0,451	28,7	22,2	247,1	118,4	8,0	14,5	5,34	28,3	5,58	172,1	1,51	0,08	0,35	1,54	0,82	0,88	5,10		
120	0,399	30,6	23,0	254,9	122,6	8,1	14,9	5,26	29,1	5,86	177,8	1,40	0,07	0,32	1,50	0,76	0,92	4,90		
Хвойно-широколиственные леса																				
10	12,601	3,1	3,3	22,3	9,6	2,0	3,4	3,92	3,5	3,02	23,5	3,39	0,52	2,08	2,02	3,05	0,86	11,40		
20	6,089	6,3	7,2	76,0	32,8	4,4	6,1	4,62	11,1	3,10	57,7	4,58	0,49	1,97	2,34	3,35	0,88	13,13		
30	3,417	9,5	10,5	126,8	55,0	5,9	8,1	4,74	18,0	3,38	89,1	4,46	0,41	1,70	2,32	3,07	0,95	12,50		
40	2,200	12,6	13,2	169,4	73,9	7,0	9,5	4,72	23,7	3,69	115,5	4,06	0,34	1,48	2,23	2,74	1,03	11,54		
50	1,554	15,5	15,5	204,5	89,7	7,7	10,7	4,66	28,3	4,00	137,5	3,64	0,29	1,29	2,14	2,45	1,11	10,63		
60	1,170	18,4	17,5	233,4	103,0	8,3	11,7	4,59	32,2	4,31	155,8	3,30	0,25	1,16	2,06	2,22	1,19	9,93		
70	0,923	21,0	19,2	257,3	114,2	8,7	12,6	4,52	35,3	4,62	171,2	2,98	0,22	1,04	1,98	2,01	1,27	9,27		
80	0,754	23,6	20,7	277,2	123,7	9,0	13,3	4,44	38,0	4,92	184,3	2,72	0,19	0,95	1,91	1,84	1,34	8,75		
90	0,632	26,0	21,9	293,8	131,7	9,2	13,9	4,37	40,2	5,23	195,4	2,47	0,17	0,87	1,84	1,69	1,42	8,29		
100	0,542	28,3	23,1	307,8	138,6	9,4	14,5	4,30	42,1	5,53	205,0	2,28	0,16	0,80	1,78	1,56	1,49	7,91		
110	0,472	30,4	24,0	319,6	144,4	9,6	15,0	4,24	43,7	5,83	213,2	2,09	0,14	0,74	1,73	1,44	1,57	7,57		
120	0,418	32,5	24,9	329,4	149,5	9,7	15,4	4,17	45,0	6,12	220,2	1,93	0,13	0,69	1,68	1,35	1,64	7,29		

Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га							Годичная продукция, т/га						
					стволов		ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего	стволов		ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры						всего	коры					
Широколиственные леса																		
10	12,010	3,1	3,4	23,9	10,8	2,2	3,6	4,58	3,5	1,49	23,9	3,85	0,62	1,37	1,85	1,50	0,22	8,79
20	5,729	6,4	7,4	81,1	36,4	4,8	6,4	5,38	11,0	1,54	60,7	5,21	0,59	1,31	2,15	1,65	0,22	10,55
30	3,198	9,7	10,7	134,9	60,9	6,5	8,4	5,52	17,8	1,68	94,3	5,03	0,49	1,13	2,13	1,51	0,24	10,05
40	2,053	12,9	13,5	180,0	81,8	7,6	9,9	5,49	23,4	1,83	122,4	4,60	0,40	0,98	2,05	1,35	0,26	9,24
50	1,447	15,9	15,9	217,1	99,3	8,4	11,1	5,42	28,0	1,98	145,8	4,14	0,34	0,86	1,97	1,21	0,28	8,46
60	1,089	18,8	17,9	247,7	113,9	9,0	12,2	5,34	31,8	2,14	165,4	3,73	0,30	0,77	1,89	1,09	0,30	7,78
70	0,858	21,6	19,6	273,0	126,3	9,5	13,1	5,25	34,9	2,29	181,8	3,37	0,26	0,69	1,82	0,99	0,32	7,20
80	0,700	24,2	21,1	294,0	136,7	9,8	13,8	5,16	37,5	2,44	195,6	3,06	0,23	0,63	1,75	0,91	0,34	6,69
90	0,587	26,6	22,4	311,6	145,6	10,1	14,5	5,08	39,7	2,59	207,4	2,79	0,21	0,57	1,69	0,83	0,36	6,24
100	0,503	29,0	23,6	326,4	153,1	10,3	15,0	5,00	41,6	2,74	217,5	2,57	0,19	0,53	1,64	0,77	0,38	5,88
110	0,438	31,2	24,6	338,8	159,6	10,4	15,6	4,92	43,2	2,89	226,2	2,36	0,17	0,49	1,58	0,71	0,40	5,55
120	0,387	33,3	25,5	349,3	165,2	10,6	16,0	4,85	44,5	3,04	233,6	2,19	0,16	0,46	1,54	0,66	0,42	5,26
ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ																		
Северная тайга																		
10	13,221	1,8	1,7	6,1	2,8	0,8	1,7	2,60	0,9	4,85	12,8	0,87	0,16	0,80	0,55	0,39	0,71	3,32
20	9,313	3,4	3,7	24,8	11,3	2,1	3,1	3,35	3,4	4,79	25,9	1,44	0,19	0,87	0,72	0,50	0,70	4,23
30	6,150	5,0	5,4	44,4	20,3	3,0	4,2	3,55	5,9	5,15	39,0	1,53	0,17	0,79	0,75	0,49	0,75	4,32
40	4,342	6,5	6,8	61,7	28,3	3,7	5,0	3,59	8,0	5,59	50,4	1,46	0,15	0,71	0,75	0,45	0,81	4,17
50	3,254	7,9	8,0	76,2	35,1	4,2	5,6	3,58	9,7	6,05	60,1	1,36	0,13	0,63	0,72	0,41	0,87	3,99
60	2,553	9,2	9,0	88,4	41,0	4,6	6,1	3,54	11,2	6,52	68,2	1,24	0,11	0,56	0,70	0,37	0,93	3,81
70	2,074	10,4	9,9	98,4	45,9	4,8	6,5	3,49	12,4	6,98	75,2	1,14	0,10	0,51	0,67	0,34	0,99	3,65
80	1,731	11,6	10,6	106,8	50,0	5,1	6,8	3,44	13,4	7,45	81,1	1,04	0,09	0,46	0,65	0,31	1,05	3,52
90	1,477	12,7	11,3	113,8	53,5	5,2	7,2	3,39	14,2	7,91	86,2	0,96	0,08	0,43	0,63	0,28	1,11	3,41

Электронный архив УГЛТУ

100	1,282	13,7	11,9	119,7	56,5	5,4	7,4	3,34	14,9	8,37	90,5	0,88	0,07	0,39	0,61	0,26	1,17	3,32
110	1,129	14,7	12,4	124,6	59,1	5,5	7,7	3,29	15,5	8,83	94,3	0,81	0,07	0,36	0,59	0,24	1,23	3,25
120	1,006	15,6	12,8	128,6	61,2	5,5	7,9	3,24	15,9	9,29	97,6	0,75	0,06	0,34	0,57	0,23	1,29	3,18
УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																		
Средняя тайга																		
10	17,473	2,3	2,4	14,2	5,8	1,6	2,7	5,05	2,4	4,07	20,0	1,32	0,44	1,30	0,87	1,00	0,56	5,05
20	9,970	4,4	5,2	52,3	21,3	3,7	4,9	6,16	8,0	4,12	44,5	1,90	0,44	1,27	1,05	1,14	0,56	5,91
30	5,998	6,6	7,6	89,7	36,7	5,2	6,5	6,40	13,2	4,48	67,3	1,93	0,38	1,13	1,06	1,07	0,61	5,80
40	4,015	8,7	9,6	121,7	50,1	6,2	7,7	6,41	17,6	4,88	86,7	1,80	0,33	0,99	1,04	0,97	0,66	5,46
50	2,906	10,6	11,3	148,2	61,3	7,0	8,6	6,35	21,2	5,29	102,8	1,64	0,28	0,87	1,00	0,87	0,71	5,08
60	2,225	12,4	12,8	170,0	70,8	7,5	9,4	6,25	24,2	5,71	116,3	1,49	0,24	0,78	0,95	0,78	0,76	4,76
70	1,775	14,2	14,0	188,0	78,7	7,9	10,0	6,15	26,6	6,12	127,6	1,35	0,21	0,70	0,92	0,71	0,81	4,49
80	1,462	15,8	15,1	203,0	85,4	8,2	10,6	6,05	28,7	6,53	137,2	1,23	0,19	0,64	0,89	0,65	0,86	4,26
90	1,234	17,4	16,0	215,4	91,1	8,4	11,0	5,95	30,4	6,94	145,3	1,12	0,17	0,58	0,86	0,60	0,91	4,07
100	1,063	18,9	16,8	225,8	95,9	8,6	11,5	5,85	31,8	7,34	152,3	1,03	0,16	0,54	0,83	0,55	0,95	3,90
110	0,930	20,3	17,5	234,5	100,0	8,8	11,8	5,76	33,0	7,75	158,3	0,95	0,14	0,50	0,80	0,51	1,00	3,76
120	0,824	21,6	18,1	241,7	103,5	8,9	12,2	5,67	33,9	8,15	163,4	0,87	0,13	0,46	0,78	0,48	1,05	3,64
ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																		
Средняя тайга																		
10	11,720	2,2	2,1	8,5	3,3	1,1	1,5	4,08	0,9	0,91	10,7	0,70	0,14	0,49	0,63	0,24	0,29	2,34
20	7,380	4,2	4,5	32,8	12,8	2,8	2,8	5,11	3,1	0,91	24,7	1,05	0,15	0,51	0,79	0,29	0,29	2,92
30	4,642	6,1	6,6	57,6	22,5	4,1	3,7	5,37	5,3	0,99	37,8	1,08	0,13	0,45	0,80	0,27	0,31	2,91
40	3,189	8,0	8,3	79,1	31,0	4,9	4,4	5,41	7,1	1,07	49,0	1,02	0,11	0,40	0,79	0,25	0,33	2,78
50	2,349	9,7	9,7	97,1	38,3	5,5	4,9	5,37	8,6	1,16	58,4	0,93	0,09	0,35	0,76	0,22	0,36	2,62
60	1,820	11,4	11,0	112,0	44,4	6,0	5,4	5,31	9,8	1,25	66,2	0,85	0,08	0,32	0,73	0,20	0,38	2,49
70	1,466	12,9	12,0	124,4	49,6	6,3	5,8	5,23	10,9	1,34	72,8	0,77	0,07	0,28	0,71	0,18	0,41	2,35
80	1,216	14,4	12,9	134,7	54,0	6,6	6,1	5,15	11,7	1,43	78,4	0,70	0,06	0,26	0,68	0,17	0,43	2,24
90	1,032	15,8	13,7	143,3	57,7	6,8	6,4	5,07	12,5	1,52	83,1	0,65	0,06	0,24	0,66	0,15	0,46	2,15
100	0,892	17,2	14,4	150,5	60,9	6,9	6,6	4,99	13,1	1,61	87,1	0,60	0,05	0,22	0,64	0,14	0,48	2,08
110	0,784	18,4	15,0	156,5	63,6	7,1	6,8	4,92	13,6	1,69	90,5	0,55	0,05	0,20	0,62	0,13	0,50	2,01
120	0,697	19,6	15,6	161,6	65,9	7,2	7,0	4,85	14,0	1,78	93,5	0,51	0,04	0,19	0,60	0,12	0,53	1,95

Электронный архив УГЛТУ

Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, $м^3$/га	Фитомасса, т/га							Годичная продукция, т/га						
					стволов		ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего	стволов		ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры						всего	коры					
Южная тайга																		
10	20,280	2,5	3,1	26,0	11,7	1,7	3,8	4,80	3,8	1,62	25,7	3,19	0,47	1,61	1,70	1,14	0,49	8,13
20	9,998	5,1	6,6	89,1	40,0	3,7	6,8	5,66	11,8	1,67	65,9	4,27	0,44	1,54	1,98	1,25	0,50	9,54
30	5,641	7,7	9,7	148,4	67,1	5,1	8,9	5,79	19,0	1,82	102,6	4,20	0,37	1,33	1,96	1,15	0,54	9,18
40	3,637	10,2	12,2	197,8	90,0	6,0	10,5	5,75	24,9	1,99	133,1	3,82	0,31	1,15	1,88	1,02	0,59	8,47
50	2,569	12,6	14,3	238,2	109,0	6,6	11,7	5,66	29,8	2,16	158,4	3,44	0,26	1,01	1,80	0,92	0,63	7,80
60	1,933	14,8	16,2	271,3	124,9	7,0	12,8	5,56	33,7	2,34	179,3	3,10	0,23	0,89	1,72	0,82	0,68	7,22
70	1,523	17,0	17,7	298,5	138,2	7,4	13,7	5,46	37,0	2,51	196,8	2,79	0,20	0,81	1,65	0,75	0,73	6,72
80	1,242	19,0	19,1	321,0	149,3	7,6	14,4	5,36	39,7	2,68	211,5	2,54	0,18	0,73	1,59	0,68	0,77	6,30
90	1,041	20,9	20,3	339,7	158,8	7,8	15,1	5,27	41,9	2,84	223,9	2,31	0,16	0,67	1,53	0,62	0,81	5,95
100	0,891	22,8	21,3	355,2	166,8	8,0	15,7	5,18	43,8	3,01	234,5	2,12	0,14	0,62	1,48	0,57	0,86	5,65
110	0,775	24,5	22,2	368,2	173,7	8,1	16,2	5,10	45,4	3,18	243,5	1,95	0,13	0,57	1,43	0,53	0,90	5,38
120	0,685	26,2	23,0	379,1	179,5	8,2	16,6	5,02	46,7	3,34	251,2	1,80	0,12	0,53	1,39	0,50	0,94	5,16
Лесостепь																		
10	21,677	2,5	3,3	35,4	13,6	3,3	3,7	6,63	4,2	0,51	28,7	3,87	0,53	2,49	2,45	1,60	0,14	10,54
20	10,117	5,1	7,2	118,0	45,2	7,2	6,6	7,69	13,0	0,53	73,0	5,11	0,50	2,32	2,78	1,73	0,14	12,07
30	5,566	7,7	10,4	194,0	74,8	9,6	8,5	7,81	20,7	0,58	112,4	4,85	0,41	1,97	2,72	1,56	0,15	11,25
40	3,534	10,3	13,2	256,6	99,6	11,2	10,0	7,73	27,0	0,63	145,0	4,44	0,34	1,71	2,61	1,39	0,16	10,31
50	2,470	12,7	15,5	307,4	120,2	12,3	11,2	7,60	32,1	0,69	171,7	3,97	0,29	1,49	2,49	1,23	0,18	9,35
60	1,845	15,0	17,4	348,8	137,2	13,2	12,2	7,45	36,2	0,74	193,8	3,54	0,24	1,32	2,37	1,10	0,19	8,52
70	1,446	17,2	19,1	382,7	151,3	13,8	13,0	7,30	39,6	0,80	212,1	3,19	0,21	1,18	2,27	1,00	0,21	7,85
80	1,174	19,3	20,6	410,7	163,2	14,2	13,8	7,16	42,4	0,85	227,4	2,89	0,19	1,07	2,18	0,91	0,22	7,27
90	0,980	21,2	21,9	433,8	173,2	14,6	14,4	7,03	44,8	0,91	240,3	2,63	0,17	0,97	2,10	0,83	0,23	6,77
100	0,836	23,1	23,0	453,1	181,8	14,8	14,9	6,91	46,7	0,96	251,2	2,41	0,15	0,90	2,03	0,77	0,24	6,34
110	0,726	24,9	23,9	469,1	189,0	15,0	15,4	6,79	48,3	1,01	260,5	2,20	0,14	0,83	1,96	0,71	0,25	5,96
120	0,640	26,6	24,8	482,5	195,2	15,2	15,8	6,68	49,7	1,07	268,4	2,04	0,13	0,77	1,90	0,66	0,27	5,64

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Степь

10	23,440	2,2	2,4	17,3	7,6	2,1	2,6	4,38	2,3	0,30	17,2	1,78	0,32	0,32	1,25	5,61	0,08	9,04
20	13,263	4,3	5,3	63,5	27,7	4,9	4,7	5,33	7,8	0,30	45,8	2,63	0,34	0,32	1,51	6,50	0,08	11,03
30	7,945	6,4	7,6	108,7	47,6	6,9	6,1	5,52	12,9	0,33	72,5	2,60	0,28	0,28	1,52	6,06	0,09	10,54
40	5,302	8,3	9,7	147,1	64,8	8,2	7,2	5,52	17,1	0,36	95,0	2,42	0,24	0,24	1,46	5,41	0,10	9,63
50	3,828	10,2	11,3	178,8	79,3	9,2	8,1	5,46	20,6	0,39	113,8	2,18	0,21	0,21	1,41	4,87	0,11	8,77
60	2,926	12,0	12,8	204,9	91,4	9,8	8,8	5,38	23,4	0,42	129,4	1,99	0,18	0,19	1,35	4,40	0,11	8,04
70	2,331	13,7	14,0	226,4	101,5	10,4	9,4	5,29	25,7	0,45	142,4	1,80	0,16	0,17	1,30	3,99	0,12	7,39
80	1,918	15,3	15,1	244,2	110,1	10,8	9,9	5,20	27,7	0,48	153,4	1,64	0,14	0,16	1,26	3,65	0,13	6,83
90	1,617	16,8	16,0	259,0	117,3	11,1	10,4	5,11	29,3	0,51	162,6	1,50	0,13	0,14	1,21	3,34	0,14	6,33
100	1,391	18,2	16,8	271,4	123,4	11,3	10,8	5,02	30,6	0,54	170,4	1,37	0,11	0,13	1,17	3,08	0,14	5,89
110	1,216	19,6	17,6	281,6	128,6	11,5	11,1	4,94	31,8	0,57	177,0	1,27	0,10	0,12	1,13	2,86	0,15	5,53
120	1,078	20,9	18,2	290,2	133,1	11,6	11,4	4,87	32,7	0,60	182,6	1,17	0,10	0,11	1,10	2,66	0,16	5,21

СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Северная тайга

10	8,554	2,2	2,0	6,8	3,0	1,0	1,8	2,75	1,1	1,54	10,2	0,46	0,12	0,46	0,57	0,48	0,51	2,49
20	5,573	4,2	4,3	26,7	11,7	2,5	3,3	3,48	3,9	1,53	23,9	0,72	0,13	0,48	0,73	0,59	0,51	3,03
30	3,563	6,1	6,3	47,2	20,8	3,6	4,3	3,67	6,7	1,65	37,2	0,75	0,11	0,43	0,75	0,56	0,55	3,04
40	2,472	8,0	7,9	65,1	28,9	4,4	5,2	3,71	9,0	1,80	48,6	0,71	0,10	0,38	0,74	0,51	0,59	2,94
50	1,832	9,7	9,3	80,2	35,8	5,0	5,8	3,69	11,0	1,94	58,2	0,65	0,08	0,34	0,71	0,46	0,64	2,81
60	1,427	11,4	10,5	92,8	41,6	5,4	6,3	3,65	12,6	2,09	66,3	0,60	0,07	0,31	0,69	0,42	0,68	2,70
70	1,154	12,9	11,5	103,2	46,6	5,7	6,8	3,60	13,9	2,24	73,1	0,55	0,06	0,27	0,67	0,38	0,73	2,60
80	0,959	14,4	12,3	112,0	50,7	6,0	7,2	3,55	15,0	2,39	78,9	0,50	0,06	0,25	0,64	0,35	0,77	2,51
90	0,816	15,8	13,1	119,2	54,3	6,2	7,5	3,50	16,0	2,53	83,8	0,46	0,05	0,23	0,62	0,33	0,81	2,45
100	0,707	17,1	13,8	125,4	57,3	6,3	7,8	3,45	16,8	2,68	88,0	0,42	0,05	0,21	0,60	0,30	0,86	2,40
110	0,622	18,3	14,4	130,5	59,9	6,4	8,0	3,40	17,4	2,83	91,6	0,39	0,04	0,20	0,59	0,28	0,90	2,35
120	0,554	19,5	14,9	134,8	62,1	6,5	8,3	3,35	18,0	2,97	94,6	0,36	0,04	0,18	0,57	0,26	0,94	2,31

Средняя тайга

10	11,988	2,0	2,1	8,4	3,8	1,5	1,6	2,53	1,0	0,77	9,8	0,78	0,17	0,49	0,56	0,52	0,18	2,53
20	7,350	4,0	4,6	31,9	14,5	3,8	3,0	3,14	3,4	0,77	24,8	1,23	0,19	0,52	0,70	0,64	0,18	3,27
30	4,561	5,8	6,7	55,5	25,3	5,3	4,0	3,28	5,7	0,83	39,1	1,24	0,16	0,46	0,71	0,59	0,20	3,19

Возраст, лет	Число стволов, тыс. шт/га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га							Годичная продукция, т/га						
					стволов		ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего	стволов		ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры						всего	коры					
40	3,107	7,6	8,5	75,8	34,8	6,4	4,7	3,29	7,7	0,91	51,4	1,17	0,14	0,40	0,69	0,54	0,22	3,02
50	2,274	9,3	10,0	92,7	42,8	7,2	5,3	3,27	9,3	0,99	61,6	1,07	0,12	0,36	0,67	0,49	0,23	2,82
60	1,754	10,9	11,2	106,6	49,5	7,8	5,7	3,22	10,6	1,06	70,1	0,97	0,10	0,32	0,64	0,44	0,25	2,62
70	1,408	12,4	12,3	118,2	55,2	8,2	6,1	3,17	11,7	1,14	77,3	0,88	0,09	0,29	0,62	0,40	0,26	2,46
80	1,164	13,8	13,3	127,7	59,9	8,5	6,5	3,12	12,6	1,22	83,3	0,81	0,08	0,26	0,60	0,37	0,28	2,32
90	0,986	15,1	14,1	135,7	64,0	8,8	6,8	3,07	13,3	1,29	88,4	0,74	0,07	0,24	0,58	0,34	0,30	2,18
100	0,851	16,4	14,8	142,3	67,4	9,0	7,0	3,02	13,9	1,37	92,8	0,68	0,07	0,22	0,56	0,31	0,31	2,08
110	0,746	17,6	15,4	147,9	70,3	9,2	7,2	2,97	14,5	1,44	96,4	0,62	0,06	0,20	0,54	0,29	0,33	1,98
120	0,662	18,7	16,0	152,5	72,8	9,3	7,4	2,93	14,9	1,52	99,6	0,58	0,06	0,19	0,52	0,27	0,34	1,90
Южная тайга																		
10	21,105	2,2	2,8	19,5	7,4	1,9	2,2	3,12	3,3	0,74	16,7	4,41	0,58	0,76	0,84	0,91	0,19	7,11
20	10,782	4,5	6,1	67,8	25,8	4,3	3,9	3,69	10,4	0,76	44,5	6,20	0,57	0,74	0,99	1,03	0,19	9,15
30	6,168	6,7	8,9	113,4	43,4	5,8	5,1	3,78	16,9	0,83	69,9	6,05	0,48	0,64	0,98	0,94	0,21	8,80
40	4,004	8,9	11,2	151,4	58,3	6,9	5,9	3,76	22,2	0,91	91,1	5,54	0,40	0,56	0,94	0,84	0,22	8,10
50	2,839	10,9	13,2	182,4	70,6	7,6	6,7	3,70	26,5	0,99	108,5	4,99	0,34	0,48	0,90	0,75	0,24	7,36
60	2,142	12,9	14,9	207,7	80,9	8,1	7,2	3,63	30,0	1,07	122,9	4,51	0,29	0,43	0,86	0,67	0,26	6,74
70	1,690	14,7	16,3	228,5	89,5	8,5	7,7	3,56	32,9	1,14	134,8	4,05	0,26	0,39	0,83	0,61	0,28	6,14
80	1,380	16,4	17,6	245,6	96,7	8,8	8,1	3,50	35,2	1,22	144,8	3,68	0,23	0,35	0,79	0,55	0,29	5,67
90	1,157	18,1	18,7	259,8	102,8	9,0	8,5	3,43	37,2	1,30	153,2	3,36	0,20	0,32	0,76	0,51	0,31	5,26
100	0,990	19,6	19,6	271,6	107,9	9,2	8,8	3,37	38,8	1,38	160,4	3,06	0,18	0,29	0,74	0,46	0,33	4,88
110	0,862	21,1	20,4	281,4	112,3	9,3	9,1	3,32	40,2	1,45	166,4	2,81	0,17	0,27	0,71	0,43	0,34	4,57
120	0,761	22,5	21,2	289,6	116,0	9,4	9,4	3,26	41,4	1,53	171,5	2,60	0,15	0,25	0,69	0,40	0,36	4,30
АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ																		
Южная тайга																		
10	12,660	3,1	3,5	26,2	10,6	2,4	3,7	5,14	2,7	0,84	23,0	2,09	0,33	1,68	0,95	1,76	0,18	6,65
20	5,961	6,4	7,5	88,2	35,8	5,2	6,6	6,02	8,4	0,87	57,7	2,75	0,31	1,59	1,10	1,92	0,19	7,55

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

30	3,307	9,7	10,9	146,4	59,7	7,1	8,7	6,16	13,5	0,95	89,0	2,65	0,25	1,37	1,09	1,75	0,20	7,06
40	2,115	12,9	13,8	194,9	80,0	8,3	10,3	6,13	17,7	1,04	115,1	2,43	0,21	1,19	1,05	1,56	0,22	6,45
50	1,487	15,9	16,2	234,8	97,0	9,2	11,6	6,04	21,2	1,13	136,9	2,18	0,18	1,04	1,00	1,39	0,24	5,85
60	1,117	18,8	18,2	267,6	111,2	9,8	12,6	5,94	24,0	1,21	154,9	1,95	0,15	0,92	0,96	1,25	0,25	5,34
70	0,879	21,6	20,0	294,7	123,1	10,3	13,5	5,84	26,4	1,30	170,1	1,77	0,13	0,83	0,92	1,14	0,27	4,94
80	0,716	24,2	21,5	317,3	133,2	10,6	14,3	5,74	28,3	1,39	183,0	1,61	0,12	0,76	0,89	1,04	0,29	4,58
90	0,600	26,7	22,9	336,2	141,8	10,9	15,0	5,65	30,0	1,47	193,9	1,47	0,11	0,69	0,86	0,96	0,30	4,28
100	0,514	29,1	24,0	352,0	149,1	11,1	15,6	5,56	31,4	1,56	203,2	1,35	0,10	0,64	0,83	0,88	0,32	4,02
110	0,447	31,3	25,0	365,3	155,4	11,3	16,1	5,48	32,5	1,64	211,2	1,24	0,09	0,59	0,80	0,82	0,33	3,79
120	0,395	33,4	25,9	376,5	160,8	11,5	16,6	5,40	33,5	1,72	218,0	1,14	0,08	0,55	0,78	0,76	0,35	3,59

Расчетные возрастные тренды таксационных показателей, фитомассы и первичной продукции культур сосны Северной Евразии (по материалам базы данных)

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, тыс. экз/га	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га								Первичная продукция, т/га							
					стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	нижних ярусов	всего	стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры							всего	коры						
(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Широколиственные леса (P. nigra)																				
10	3,4	4,9	6,225	34,2	16,2	4,00	8,24	9,9	34,4	5,4	0,24	40,0	4,36	1,16	4,21	2,51	11,08	2,18	0,24	13,50
20	7,5	9,7	3,440	119,2	57,1	11,14	10,02	16,7	83,8	16,6	0,47	100,8	6,05	1,17	4,26	2,47	12,79	2,44	0,47	15,70
40	14,2	18,3	1,463	280,1	138,7	22,54	10,48	23,7	172,9	35,6	0,63	209,2	5,83	0,89	3,89	1,87	11,59	2,70	0,63	14,92
60	18,9	25,3	0,843	385,2	196,4	29,65	10,08	26,9	233,4	47,1	0,61	281,1	4,81	0,67	3,48	1,39	9,69	2,87	0,61	13,17
80	22,3	30,9	0,578	453,4	236,8	34,45	9,59	28,5	274,9	53,9	0,57	329,4	3,95	0,52	3,14	1,07	8,17	3,01	0,57	11,75
100	24,8	35,5	0,436	497,1	265,0	37,79	9,13	29,3	303,4	57,8	0,52	361,7	3,28	0,41	2,87	0,85	7,00	3,14	0,52	10,66
120	26,8	39,4	0,350	529,2	287,2	40,45	8,73	29,7	325,6	60,2	0,47	386,3	2,78	0,34	2,64	0,70	6,12	3,24	0,47	9,84
140	28,3	42,6	0,295	550,9	303,6	42,51	8,39	29,9	341,9	61,4	0,43	403,7	2,39	0,29	2,45	0,58	5,43	3,36	0,43	9,22
160	29,4	45,2	0,258	565,1	315,8	44,17	8,08	29,9	353,8	61,7	0,40	415,9	2,07	0,25	2,29	0,50	4,86	3,46	0,4	8,73
Широколиственные леса (P. sylvestris)																				
10	3,6	4,1	7,830	25,8	10,3	1,49	4,33	6,0	20,6	7,2	0,00	27,8	1,44	0,20	0,14	0,39	1,97	1,01	0	2,98
20	8,0	8,2	4,563	95,0	38,2	4,36	5,45	10,5	54,1	22,7	0,01	76,8	2,07	0,21	0,15	0,40	2,63	1,16	0,01	3,80
40	15,1	15,7	1,988	229,2	94,7	9,03	5,84	15,4	115,9	49,2	0,01	165,1	2,02	0,16	0,14	0,32	2,48	1,33	0,01	3,82
60	20,1	21,7	1,177	320,9	136,2	12,08	5,68	17,7	159,5	65,7	0,01	225,2	1,69	0,12	0,13	0,24	2,06	1,43	0,01	3,50
80	23,7	26,6	0,813	380,6	165,3	14,13	5,44	18,9	189,6	75,4	0,01	265,0	1,39	0,10	0,12	0,19	1,69	1,51	0,01	3,22
100	26,4	30,6	0,619	421,2	186,6	15,63	5,21	19,5	211,3	81,2	0,01	292,5	1,16	0,08	0,11	0,15	1,42	1,59	0,01	3,02
120	28,5	33,9	0,503	450,7	203,1	16,82	5,00	19,9	228,0	84,8	0,01	312,8	0,99	0,06	0,10	0,12	1,21	1,65	0,01	2,87
140	30,1	36,7	0,425	470,6	215,3	17,73	4,81	20,1	240,2	86,6	0,01	326,8	0,85	0,05	0,09	0,10	1,05	1,71	0,01	2,76
160	31,3	39,0	0,372	484,3	224,6	18,47	4,65	20,1	249,4	87,3	0,01	336,7	0,74	0,05	0,09	0,09	0,91	1,77	0,01	2,69

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

(B) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Хвойно-широколиственные леса

10	3,3	3,7	7,854	27,0	12,3	1,70	5,48	5,8	23,6	3,8	0,15	27,6	2,08	0,27	2,58	1,86	6,51	5,85	0,15	12,52
20	7,5	7,4	4,842	105,9	48,2	5,22	7,06	10,4	65,7	12,8	0,34	78,8	3,19	0,30	2,73	1,99	7,91	6,75	0,34	15,01
40	14,1	14,0	2,237	261,3	122,2	11,09	7,66	15,5	145,3	28,0	0,47	173,8	3,16	0,24	2,59	1,58	7,33	7,80	0,47	15,59
60	18,8	19,4	1,346	371,4	178,2	15,03	7,52	17,9	203,6	37,7	0,47	241,8	2,66	0,18	2,37	1,21	6,24	8,46	0,47	15,18
80	22,2	23,7	0,950	446,0	218,8	17,79	7,25	19,2	245,3	43,6	0,45	289,4	2,22	0,14	2,16	0,95	5,33	8,98	0,45	14,76
100	24,8	27,3	0,729	498,5	249,3	19,85	6,97	20,0	276,3	47,3	0,42	324,0	1,87	0,12	1,99	0,76	4,63	9,42	0,42	14,47
120	26,7	30,2	0,597	533,7	271,4	21,38	6,70	20,4	298,5	49,4	0,38	348,2	1,59	0,10	1,84	0,63	4,06	9,82	0,38	14,26
140	28,2	32,7	0,507	559,3	288,6	22,61	6,46	20,6	315,7	50,5	0,35	366,5	1,37	0,08	1,72	0,53	3,62	10,19	0,35	14,16
160	29,3	34,6	0,450	577,8	302,2	23,66	6,25	20,7	329,2	51,0	0,33	380,5	1,20	0,07	1,61	0,45	3,26	10,55	0,33	14,14
								Широколиственные леса												
10	4,0	4,3	6,636	32,5	12,0	1,32	5,36	5,2	22,6	3,5	0,16	26,2	2,90	0,36	2,77	2,29	7,97	4,52	0,16	12,65
20	9,0	8,8	3,672	119,9	44,5	3,83	6,74	9,2	60,5	11,0	0,34	71,8	4,20	0,38	2,94	2,40	9,54	5,20	0,34	15,08
40	16,8	16,7	1,578	280,6	107,4	7,75	7,12	13,3	127,8	23,3	0,44	151,6	3,99	0,29	2,74	1,83	8,56	5,90	0,44	14,90
60	22,4	23,3	0,905	389,0	153,0	10,25	6,90	15,3	175,2	31,0	0,44	206,6	3,30	0,22	2,49	1,38	7,17	6,35	0,44	13,96
80	26,5	28,7	0,614	459,8	185,1	11,93	6,59	16,3	207,9	35,5	0,41	243,9	2,72	0,17	2,26	1,07	6,05	6,69	0,41	13,15
100	29,6	33,2	0,459	507,1	208,3	13,14	6,29	16,8	231,4	38,2	0,37	270,0	2,26	0,14	2,08	0,86	5,20	6,98	0,37	12,55
120	31,9	36,8	0,370	539,0	225,3	14,05	6,02	17,1	248,4	39,7	0,34	288,4	1,92	0,11	1,91	0,71	4,54	7,25	0,34	12,12
140	33,6	39,7	0,314	560,7	238,0	14,78	5,79	17,2	261,0	40,4	0,31	301,7	1,64	0,09	1,78	0,59	4,01	7,52	0,31	11,84
160	35,0	42,3	0,272	575,7	247,8	15,35	5,58	17,2	270,6	40,7	0,29	311,6	1,43	0,08	1,66	0,50	3,59	7,76	0,29	11,64
								Лесостепь												
10	3,5	4,1	5,397	21,9	8,3	1,16	4,35	3,7	16,3	2,8	0,12	19,3	3,63	0,63	2,45	0,86	6,94	2,74	0,12	9,80
20	7,9	8,3	3,112	82,4	31,2	3,34	5,50	6,5	43,2	9,0	0,26	52,5	5,35	0,68	2,59	0,91	8,85	3,14	0,26	12,25
40	14,9	15,8	1,366	198,5	77,4	6,65	5,88	9,5	92,8	19,6	0,36	112,8	5,22	0,53	2,43	0,71	8,35	3,58	0,36	12,29
60	19,9	21,9	0,805	278,9	111,7	8,69	5,73	11,0	128,4	26,3	0,36	155,0	4,37	0,40	2,20	0,54	7,11	3,85	0,36	11,33
80	23,5	26,8	0,558	331,5	135,9	10,03	5,48	11,7	153,1	30,2	0,33	183,6	3,62	0,31	2,00	0,42	6,03	4,05	0,33	10,42
100	26,2	30,8	0,426	367,6	153,7	11,01	5,25	12,1	171,0	32,6	0,31	204,0	3,03	0,25	1,83	0,33	5,20	4,24	0,31	9,75
120	28,2	34,1	0,346	391,6	166,6	11,73	5,03	12,3	183,9	33,9	0,28	218,1	2,56	0,21	1,69	0,27	4,53	4,41	0,28	9,22
140	29,8	36,9	0,293	409,6	176,9	12,33	4,85	12,4	194,2	34,7	0,26	229,1	2,21	0,17	1,58	0,23	4,02	4,58	0,26	8,86
160	30,9	39,1	0,258	420,6	184,1	12,81	4,68	12,4	201,2	34,9	0,24	236,4	1,92	0,15	1,48	0,20	3,59	4,74	0,24	8,57

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, тыс. экз/га	Запас, м³/га	Фитомасса, т/га								Первичная продукция, т/га							
					стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	нижних ярусов	всего	стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры							всего	коры						
(C) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ																				
Степь																				
10	4,3	4,5	6,768	36,9	14,6	1,73	5,20	5,0	24,8	5,3	0,21	30,2	3,59	0,46	1,64	2,32	7,55	3,73	0,21	11,49
20	9,7	9,2	3,693	135,3	53,7	4,98	6,50	8,7	68,9	15,7	0,43	85,0	5,18	0,48	1,73	2,40	9,31	4,25	0,43	14,00
40	18,2	17,8	1,501	312,8	127,9	9,92	6,83	12,6	147,3	30,5	0,56	178,4	4,86	0,36	1,62	1,84	8,32	4,82	0,56	13,71
60	24,2	24,8	0,852	428,8	180,4	13,00	6,58	14,3	201,3	38,3	0,55	240,2	3,99	0,27	1,46	1,38	6,83	5,17	0,55	12,55
80	28,6	30,6	0,571	503,0	216,8	15,04	6,26	15,2	238,3	42,4	0,51	281,1	3,26	0,21	1,33	1,07	5,66	5,43	0,51	11,60
100	31,9	35,3	0,427	552,5	243,0	16,50	5,97	15,7	264,6	44,5	0,46	309,6	2,71	0,17	1,22	0,85	4,78	5,67	0,46	10,91
120	34,4	39,2	0,342	586,3	262,4	17,62	5,71	15,9	284,0	45,5	0,42	329,9	2,29	0,14	1,12	0,70	4,11	5,88	0,42	10,41
140	36,3	42,5	0,286	608,2	276,5	18,46	5,47	16,0	298,0	45,7	0,38	344,1	1,96	0,12	1,04	0,58	3,58	6,08	0,38	10,04
160	37,7	45,1	0,250	623,6	287,5	19,17	5,28	16,0	308,8	45,6	0,35	354,8	1,70	0,10	0,97	0,49	3,17	6,29	0,35	9,81
(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																				
Южная тайга																				
10	3,6	3,7	8,518	30,8	12,4	1,59	4,47	4,7	21,6	4,7	0,17	26,5	1,60	0,27	2,14	1,28	5,03	0,85	0,17	6,05
20	8,2	7,5	5,135	120,7	48,7	4,90	5,76	8,5	63,0	14,8	0,38	78,2	2,45	0,29	2,30	1,39	6,13	0,98	0,38	7,50
40	15,4	14,3	2,321	295,5	122,5	10,32	6,25	12,7	141,4	30,1	0,53	172,0	2,40	0,23	2,19	1,10	5,69	1,14	0,53	7,37
60	20,5	19,8	1,392	417,9	177,8	13,93	6,12	14,6	198,6	38,7	0,53	237,8	2,02	0,17	2,00	0,84	4,86	1,24	0,53	6,63
80	24,3	24,4	0,962	501,5	218,2	16,45	5,90	15,7	239,8	43,6	0,50	283,9	1,68	0,14	1,83	0,66	4,17	1,32	0,5	5,99
100	27,0	28,0	0,741	556,3	246,8	18,26	5,66	16,3	268,8	46,1	0,46	315,3	1,40	0,11	1,68	0,53	3,62	1,38	0,46	5,46
120	29,1	31,1	0,600	594,3	268,1	19,62	5,44	16,7	290,2	47,3	0,43	338,0	1,19	0,09	1,56	0,44	3,19	1,44	0,43	5,06
140	30,7	33,6	0,511	621,7	284,7	20,73	5,24	16,8	306,8	47,9	0,39	355,1	1,03	0,08	1,46	0,37	2,85	1,50	0,39	4,73
160	32,0	35,7	0,450	644,0	298,8	21,71	5,07	16,9	320,8	48,2	0,36	369,3	0,90	0,07	1,36	0,31	2,57	1,55	0,36	4,48

Электронный архив УГЛТУ

(E) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесостепь

10	3,6	4,2	6,973	27,6	10,9	1,30	6,04	5,1	22,1	2,6	0,16	24,8	2,61	0,39	2,79	1,18	6,58	1,02	0,16	7,76
20	8,1	8,5	3,977	102,9	41,0	3,85	7,61	9,0	57,6	8,4	0,33	66,4	3,82	0,41	2,94	1,23	7,99	1,17	0,33	9,49
40	15,2	16,0	1,768	245,8	100,8	7,92	8,10	13,0	121,9	18,2	0,44	140,5	3,70	0,32	2,73	0,95	7,38	1,33	0,44	9,15
60	20,2	22,1	1,044	342,6	144,4	10,55	7,86	14,9	167,2	24,2	0,44	191,8	3,08	0,24	2,47	0,71	6,26	1,43	0,44	8,13
80	23,9	27,2	0,714	406,9	175,5	12,34	7,53	15,9	199,0	27,8	0,41	227,2	2,54	0,19	2,25	0,56	5,35	1,51	0,41	7,27
100	26,6	31,3	0,542	449,1	197,6	13,62	7,20	16,5	221,3	29,9	0,38	251,5	2,12	0,15	2,06	0,45	4,63	1,58	0,38	6,59
120	28,7	34,7	0,439	479,6	214,7	14,63	6,91	16,8	238,4	31,2	0,34	269,9	1,80	0,12	1,91	0,37	4,07	1,64	0,34	6,05
140	30,3	37,5	0,372	500,6	227,6	15,43	6,64	16,9	251,2	31,8	0,32	283,3	1,55	0,10	1,77	0,31	3,63	1,69	0,32	5,64
160	31,5	39,8	0,327	515,8	237,7	16,09	6,42	17,0	261,1	32,1	0,29	293,5	1,35	0,09	1,66	0,26	3,27	1,76	0,29	5,32

Степь

10	3,2	3,8	9,085	27,6	9,7	1,96	6,26	3,9	19,8	8,8	0,16	28,8	1,08	0,15	2,01	1,10	4,19	–	0,16	–
20	7,2	7,4	5,772	106,4	37,8	6,01	7,96	6,8	52,6	29,1	0,34	82,0	1,64	0,16	2,08	1,14	4,87	–	0,34	–
40	13,6	14,0	2,677	264,8	96,5	12,83	8,66	10,1	115,2	64,3	0,47	180,0	1,64	0,12	1,97	0,91	4,52	–	0,47	–
60	18,1	19,3	1,628	376,2	140,7	17,41	8,50	11,7	160,9	86,6	0,48	247,9	1,39	0,10	1,80	0,69	3,88	–	0,48	–
80	21,4	23,6	1,148	452,7	173,1	20,64	8,19	12,5	193,8	100,3	0,46	294,6	1,16	0,07	1,64	0,54	3,34	–	0,46	–
100	23,8	27,0	0,893	504,5	196,7	23,01	7,87	13,0	217,5	108,5	0,42	326,5	0,97	0,06	1,50	0,44	2,91	–	0,42	–
120	25,7	30,0	0,726	541,7	214,7	24,82	7,58	13,3	235,6	113,4	0,39	349,4	0,83	0,05	1,40	0,36	2,59	–	0,39	–
140	27,1	32,3	0,625	568,5	228,7	26,31	7,31	13,4	249,4	116,2	0,36	366,0	0,72	0,04	1,30	0,30	2,32	–	0,36	–
160	28,2	34,3	0,550	587,1	239,4	27,50	7,07	13,5	259,9	117,4	0,33	377,6	0,63	0,04	1,22	0,26	2,10	–	0,33	–

(L) ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА

Хвойно-широколиственные леса (P. densiflora)

10	2,0	2,5	15,057	17,3	8,0	1,79	5,45	4,9	18,3	3,0	0,10	21,4	2,14	0,60	2,55	1,27	5,96	3,19	0,08	9,22
20	4,5	4,6	12,169	73,9	34,2	6,04	7,26	8,7	50,2	10,2	0,24	60,7	3,55	0,68	2,63	1,37	7,56	3,69	0,18	11,43
40	8,5	8,3	7,279	207,7	98,0	14,38	8,40	13,6	120,0	23,3	0,37	143,7	3,92	0,58	2,55	1,16	7,63	4,42	0,28	12,33
60	11,4	11,3	5,006	319,0	153,6	20,77	8,57	16,3	178,5	32,0	0,41	210,9	3,52	0,47	2,38	0,93	6,83	4,90	0,31	12,05
80	13,5	13,6	3,878	402,7	197,7	25,66	8,46	17,8	224,0	37,6	0,41	262,0	3,06	0,38	2,20	0,75	6,00	5,27	0,31	11,59
100	15,0	15,5	3,168	461,3	230,3	29,29	8,27	18,8	257,4	40,7	0,39	298,5	2,62	0,31	2,04	0,61	5,28	5,62	0,30	11,20
120	16,2	17,1	2,700	507,6	257,2	32,31	8,06	19,4	284,7	42,8	0,36	327,9	2,28	0,26	1,91	0,52	4,70	5,91	0,28	10,89
140	17,1	18,4	2,383	541,8	278,2	34,79	7,86	19,8	305,9	44,0	0,34	350,3	1,99	0,22	1,79	0,44	4,22	6,19	0,26	10,67
160	17,8	19,5	2,149	567,8	295,1	36,88	7,66	20,1	322,9	44,7	0,32	367,8	1,76	0,19	1,69	0,38	3,82	6,45	0,25	10,51

Электронный архив УГЛТУ

Расчетные возрастные тренды массообразующих показателей, фитомассы и первичной продукции еловых экосистем Северной Евразии (по материалам базы данных)

A, лет	*H*, м	*D*, см	*N*, тыс. экз/га	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га								Первичная продукция фитомассы, т/га/год					
					стволов		хвои	ветвей	надзем-ная	корней	нижних ярусов	всего	стволов в коре	ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры												
(А) СРЕДНЕЕВРОПЕЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ																		
Хвойно-широколиственные леса																		
20	5,7	5,7	4,460	47,4	18,8	2,9	9,5	7,7	36,0	5,9	0,63	42,5	5,94	0,76	1,44	1,81	0,63	10,6
40	11,9	11,9	2,273	172,8	67,6	8,2	14,6	15,7	97,9	16,9	0,81	115,6	5,71	0,67	1,95	1,63	0,81	10,8
60	16,6	17,3	1,361	282,3	111,2	12,0	16,3	20,3	147,8	25,7	0,94	174,5	5,06	0,57	2,05	1,49	0,94	10,1
80	20,0	21,6	0,920	351,0	139,9	14,1	16,5	22,2	178,6	31,3	1,03	210,9	4,36	0,48	1,98	1,34	1,03	9,2
100	22,5	25,0	0,670	386,8	156,3	15,0	16,0	22,7	195,0	34,6	1,11	230,7	3,76	0,41	1,85	1,20	1,11	8,3
120	24,4	27,9	0,507	401,0	164,3	15,3	15,3	22,5	202,1	36,3	1,17	239,5	3,27	0,36	1,72	1,09	1,17	7,6
140	25,8	30,2	0,399	399,6	165,9	15,0	14,4	21,8	202,1	36,8	1,23	240,1	2,85	0,32	1,58	0,99	1,23	7,0
160	26,8	32,1	0,323	389,0	163,6	14,6	13,6	20,9	198,1	36,7	1,27	236,0	2,51	0,28	1,45	0,91	1,27	6,4
180	27,5	33,6	0,267	371,7	158,3	13,9	12,7	19,8	190,8	36,0	1,31	228,1	2,22	0,25	1,33	0,83	1,31	5,9
200	28,0	34,8	0,225	352,2	151,9	13,2	11,9	18,7	182,5	35,0	1,35	218,8	1,97	0,22	1,23	0,76	1,35	5,5
220	28,4	35,8	0,192	332,3	144,9	12,5	11,1	17,7	173,7	33,8	1,38	208,9	1,76	0,20	1,13	0,70	1,38	5,2
240	28,6	36,6	0,166	311,4	137,3	11,8	10,4	16,7	164,4	32,5	1,41	198,3	1,58	0,18	1,04	0,65	1,41	4,9
260	28,7	37,2	0,145	290,6	129,6	11,1	9,7	15,6	154,9	31,1	1,44	187,5	1,43	0,17	0,96	0,61	1,44	4,6
280	28,8	37,8	0,127	271,6	122,3	10,5	9,2	14,7	146,2	29,8	1,47	177,4	1,30	0,15	0,89	0,56	1,47	4,4
300	28,7	38,1	0,113	252,1	114,7	9,8	8,6	13,8	137,1	28,4	1,49	167,0	1,17	0,14	0,82	0,53	1,49	4,2
Широколиственные леса																		
20	7,2	7,4	3,757	76,8	29,8	3,7	10,3	10,7	50,8	13,9	0,34	65,0	9,22	1,65	3,20	2,54	0,34	16,9
40	15,1	15,9	1,835	282,8	108,1	10,3	15,9	22,2	146,2	40,0	0,44	186,6	9,09	1,47	4,40	2,40	0,44	17,8
60	21,0	23,2	1,091	459,8	177,0	14,9	17,7	28,5	223,2	60,5	0,51	284,2	8,07	1,26	4,63	2,21	0,51	16,7
80	25,3	29,1	0,732	571,8	222,9	17,4	17,9	31,4	272,2	73,9	0,56	346,7	6,98	1,07	4,48	2,00	0,56	15,1
100	28,5	34,0	0,526	632,2	249,8	18,6	17,4	32,3	299,5	81,9	0,60	382,0	6,06	0,92	4,22	1,83	0,6	13,6

Электронный архив УГЛТУ

120	30,8	37,9	0,398	651,7	261,1	18,8	16,6	31,9	309,6	85,6	0,64	395,8	5,25	0,80	3,90	1,66	0,64	12,3
140	32,6	41,1	0,313	651,4	264,4	18,6	15,7	30,9	311,0	87,2	0,67	398,8	4,60	0,70	3,60	1,51	0,67	11,1
160	33,8	43,6	0,253	630,5	259,4	18,0	14,7	29,5	303,6	86,4	0,69	390,7	4,03	0,62	3,30	1,38	0,69	10,0
180	34,8	45,8	0,209	607,2	252,9	17,3	13,8	28,2	294,9	85,2	0,71	380,8	3,58	0,55	3,04	1,27	0,71	9,2
200	35,4	47,4	0,176	573,9	242,0	16,4	12,9	26,6	281,5	82,6	0,73	364,8	3,18	0,49	2,79	1,17	0,73	8,4
220	35,9	48,9	0,149	540,3	230,4	15,5	12,0	25,1	267,5	79,8	0,75	348,1	2,84	0,45	2,57	1,08	0,75	7,7
240	36,1	49,8	0,130	506,2	218,3	14,6	11,3	23,6	253,2	76,8	0,77	330,8	2,55	0,40	2,36	1,00	0,77	7,1
260	36,3	50,8	0,113	474,0	206,6	13,7	10,6	22,2	239,4	73,7	0,78	313,9	2,31	0,37	2,19	0,93	0,78	6,6
280	36,3	51,4	0,099	439,1	193,5	12,8	9,9	20,8	224,2	70,2	0,80	295,2	2,08	0,34	2,02	0,86	0,8	6,1
300	36,3	52,0	0,088	410,7	182,7	12,1	9,3	19,6	211,6	67,2	0,81	279,6	1,90	0,31	1,88	0,81	0,81	5,7
(В) СКАНДИНАВСКО-РУССКАЯ ПРОВИНЦИЯ																		
Средняя тайга																		
20	3,9	3,7	13,826	31,9	13,9	2,2	5,8	5,6	25,3	5,4	1,44	32,2	2,86	0,57	1,66	1,05	0,33	6,5
40	8,1	7,4	7,515	115,2	49,6	6,2	8,9	11,1	69,6	15,2	1,85	86,7	2,65	0,48	2,20	0,88	0,42	6,6
60	11,3	10,6	4,601	188,0	81,5	9,1	9,9	14,2	105,6	23,0	2,14	130,8	2,32	0,41	2,29	0,78	0,49	6,3
80	13,6	13,1	3,158	233,1	102,3	10,7	10,0	15,5	127,8	27,9	2,35	158,1	1,98	0,35	2,20	0,69	0,54	5,8
100	15,4	15,2	2,297	259,5	115,4	11,5	9,8	15,9	141,1	31,0	2,52	174,6	1,72	0,30	2,07	0,62	0,57	5,3
120	16,6	16,8	1,761	266,5	120,2	11,6	9,3	15,6	145,1	32,3	2,66	180,1	1,48	0,26	1,90	0,56	0,61	4,8
140	17,6	18,2	1,387	266,9	122,0	11,5	8,8	15,2	146,0	32,9	2,79	181,7	1,29	0,23	1,76	0,50	0,64	4,4
160	18,3	19,3	1,125	259,8	120,3	11,2	8,3	14,5	143,1	32,7	2,89	178,7	1,14	0,20	1,61	0,46	0,66	4,1
180	18,8	20,2	0,931	248,8	116,7	10,7	7,7	13,8	138,2	32,1	2,99	173,3	1,00	0,18	1,48	0,42	0,68	3,8
200	19,1	20,8	0,790	234,6	111,4	10,1	7,2	13,0	131,6	31,1	3,06	165,8	0,89	0,16	1,35	0,38	0,70	3,5
220	19,4	21,5	0,670	222,0	106,6	9,6	6,8	12,3	125,7	30,2	3,14	159,0	0,80	0,14	1,25	0,36	0,72	3,3
240	19,5	21,9	0,581	207,1	100,6	9,0	6,3	11,5	118,4	28,9	3,21	150,5	0,71	0,13	1,15	0,33	0,73	3,0
260	19,6	22,3	0,507	194,0	95,2	8,5	5,9	10,9	112,0	27,8	3,27	143,1	0,64	0,12	1,06	0,31	0,75	2,9
280	19,6	22,6	0,446	180,5	89,5	8,0	5,6	10,2	105,3	26,5	3,33	135,1	0,58	0,11	0,98	0,28	0,76	2,7
300	19,6	22,8	0,397	168,5	84,4	7,5	5,2	9,6	99,2	25,4	3,38	128,0	0,53	0,10	0,91	0,26	0,77	2,6
Хвойно-широколиственные леса																		
20	6,8	6,0	4,420	57,7	24,8	3,2	8,8	8,8	42,4	11,5	0,83	54,7	4,56	3,07	2,04	3,15	0,22	13,0
40	14,4	12,8	2,191	215,3	91,0	9,0	13,7	18,4	123,1	33,3	1,09	157,5	4,49	2,73	2,82	2,91	0,29	13,2
60	20,0	18,6	1,310	349,2	148,7	13,1	15,2	23,6	187,5	50,3	1,26	239,1	3,97	2,32	2,95	2,66	0,34	12,2
80	24,1	23,4	0,875	434,5	187,4	15,3	15,4	26,0	228,8	61,5	1,39	291,7	3,45	1,98	2,87	2,43	0,38	11,1

Электронный архив УГЛТУ

A, лет	*H*, м	*D*, см	*N*, тыс. экз/га	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га								Первичная продукция фитомассы, т/га/год					
					стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	нижних ярусов	всего	стволов в коре	ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры												
100	27,1	27,2	0,633	478,8	209,3	16,3	15,0	26,6	250,9	67,9	1,49	320,2	2,97	1,70	2,69	2,20	0,40	10,0
120	29,3	30,3	0,480	494,2	219,0	16,5	14,2	26,3	259,5	71,1	1,57	332,2	2,58	1,48	2,49	1,99	0,42	9,0
140	31,0	32,8	0,378	493,1	221,5	16,3	13,4	25,5	260,4	72,3	1,65	334,4	2,25	1,30	2,29	1,81	0,45	8,1
160	32,2	34,9	0,305	479,5	218,2	15,8	12,6	24,4	255,2	71,9	1,71	328,8	1,98	1,15	2,11	1,66	0,46	7,4
180	33,1	36,6	0,252	460,0	212,0	15,1	11,8	23,3	247,1	70,7	1,76	319,6	1,76	1,02	1,94	1,53	0,48	6,7
200	33,7	37,9	0,212	435,2	203,0	14,4	11,1	21,9	236,0	68,6	1,81	306,4	1,56	0,91	1,78	1,40	0,49	6,1
220	34,2	39,1	0,180	410,9	193,9	13,6	10,4	20,7	225,0	66,4	1,86	293,2	1,40	0,83	1,64	1,30	0,50	5,7
240	34,4	39,9	0,156	384,3	183,4	12,8	9,7	19,5	212,6	63,8	1,90	278,3	1,25	0,75	1,51	1,20	0,51	5,2
260	34,6	40,6	0,136	359,7	173,5	12,1	9,1	18,3	200,9	61,2	1,94	264,0	1,13	0,68	1,39	1,11	0,52	4,8
280	34,6	41,1	0,120	335,0	163,2	11,3	8,5	17,2	188,9	58,5	1,97	249,4	1,02	0,62	1,29	1,04	0,53	4,5
300	34,5	41,5	0,106	310,2	152,7	10,6	8,0	16,1	176,8	55,7	2,00	234,5	0,93	0,57	1,19	0,97	0,54	4,2
Широколиственные леса																		
20	7,5	7,3	3,972	79,4	28,6	3,7	8,2	7,7	44,5	12,2	1,21	57,9	6,75	0,95	1,68	5,05	1,21	15,6
40	15,8	15,8	1,922	294,6	104,5	10,5	12,8	16,2	133,5	35,3	1,59	170,3	6,71	0,85	2,32	4,81	1,59	16,3
60	21,9	23,0	1,145	476,5	170,3	15,1	14,2	20,8	205,3	53,2	1,84	260,3	5,93	0,72	2,43	4,42	1,84	15,4
80	26,5	29,0	0,764	597,1	216,0	17,8	14,4	22,9	253,3	65,3	2,03	320,6	5,17	0,62	2,37	4,03	2,03	14,2
100	29,8	33,8	0,550	657,6	241,2	19,0	14,0	23,5	278,7	72,2	2,18	353,1	4,47	0,53	2,23	3,66	2,18	13,1
120	32,2	37,7	0,416	678,1	252,2	19,2	13,3	23,2	288,7	75,5	2,30	366,5	3,88	0,46	2,06	3,33	2,30	12,0
140	34,1	41,0	0,326	678,8	255,8	19,0	12,6	22,6	291,0	77,0	2,41	370,4	3,41	0,41	1,90	3,05	2,41	11,2
160	35,4	43,5	0,264	659,0	251,6	18,4	11,8	21,6	285,0	76,5	2,50	364,0	2,99	0,36	1,75	2,79	2,50	10,4
180	36,4	45,6	0,218	632,0	244,4	17,6	11,1	20,6	276,1	75,1	2,59	353,8	2,65	0,32	1,61	2,56	2,59	9,7
200	37,1	47,3	0,183	599,0	234,4	16,7	10,4	19,4	264,2	73,0	2,66	339,8	2,35	0,29	1,48	2,35	2,66	9,1
220	37,5	48,6	0,156	561,6	222,4	15,7	9,7	18,3	250,4	70,4	2,72	323,5	2,10	0,26	1,35	2,17	2,72	8,6
240	37,8	49,7	0,135	527,4	211,2	14,9	9,1	17,2	237,5	67,8	2,78	308,0	1,89	0,23	1,25	2,01	2,78	8,2
260	38,0	50,6	0,118	494,5	200,1	14,0	8,5	16,2	224,8	65,2	2,84	292,9	1,71	0,21	1,16	1,87	2,84	7,8
280	38,0	51,3	0,104	460,9	188,4	13,2	8,0	15,3	211,7	62,3	2,89	276,9	1,55	0,20	1,07	1,75	2,89	7,5
300	38,0	51,8	0,092	428,8	177,1	12,4	7,5	14,3	198,9	59,5	2,93	261,3	1,40	0,18	0,99	1,63	2,93	7,1

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

(C) ВОСТОК РУССКОЙ РАВНИНЫ

Северная тайга

20	2,8	3,5	9,605	18,6	7,4	1,0	3,3	4,1	14,8	3,8	3,97	22,6	1,06	1,34	0,99	0,76	0,57	4,7
40	5,8	6,8	5,453	66,8	26,3	2,9	5,1	8,0	39,4	10,5	5,07	55,0	0,96	1,13	1,29	0,61	0,73	4,7
60	8,1	9,6	3,416	109,0	43,2	4,2	5,7	10,2	59,1	15,8	5,84	80,7	0,83	0,94	1,33	0,53	0,84	4,5
80	9,7	11,8	2,360	134,1	53,8	4,9	5,7	11,0	70,5	19,1	6,40	96,0	0,70	0,79	1,27	0,46	0,92	4,2
100	11,0	13,6	1,735	149,5	60,8	5,3	5,6	11,3	77,7	21,2	6,86	105,7	0,61	0,68	1,19	0,41	0,99	3,9
120	11,9	15,1	1,323	154,4	63,7	5,4	5,3	11,2	80,2	22,2	7,25	109,6	0,52	0,59	1,10	0,37	1,05	3,6
140	12,6	16,3	1,047	154,3	64,5	5,3	5,0	10,8	80,3	22,6	7,58	110,5	0,46	0,52	1,02	0,33	1,10	3,4
160	13,1	17,2	0,856	150,1	63,5	5,1	4,7	10,3	78,5	22,5	7,85	108,9	0,40	0,46	0,93	0,30	1,13	3,2
180	13,4	17,9	0,713	142,7	61,2	4,9	4,4	9,8	75,4	21,9	8,09	105,4	0,35	0,40	0,85	0,27	1,17	3,0
200	13,7	18,6	0,599	136,1	59,0	4,7	4,1	9,3	72,4	21,4	8,33	102,2	0,31	0,36	0,78	0,25	1,20	2,9
220	13,8	19,0	0,515	127,0	55,8	4,4	3,8	8,7	68,3	20,5	8,51	97,3	0,28	0,32	0,72	0,23	1,23	2,8
240	13,9	19,4	0,446	119,0	52,8	4,1	3,6	8,2	64,6	19,8	8,69	93,1	0,25	0,29	0,66	0,21	1,26	2,7
260	14,0	19,8	0,387	111,6	50,1	3,9	3,4	7,7	61,2	19,0	8,88	89,1	0,23	0,27	0,61	0,20	1,28	2,6
280	14,0	20,0	0,343	104,0	47,2	3,7	3,2	7,2	57,6	18,2	9,02	84,8	0,20	0,25	0,56	0,19	1,30	2,5
300	14,0	20,3	0,302	97,0	44,4	3,4	3,0	6,8	54,2	17,4	9,18	80,8	0,19	0,23	0,52	0,17	1,33	2,4

(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ

Лесотундра

20	2,8	4,9	1,654	6,2	3,0	0,7	0,6	1,5	5,1	6,0	7,39	18,5	0,89	0,20	0,41	2,93	1,22	5,6
40	5,8	9,5	0,942	22,3	10,7	2,0	0,9	3,0	14,6	16,7	9,46	40,7	0,81	0,17	0,53	2,34	1,57	5,4
60	8,1	13,4	0,591	36,4	17,5	2,9	1,0	3,9	22,4	25,2	10,88	58,5	0,70	0,14	0,55	2,02	1,80	5,2
80	9,8	16,6	0,405	45,6	22,2	3,5	1,0	4,2	27,4	30,9	11,98	70,3	0,60	0,12	0,53	1,78	1,98	5,0
100	11,0	19,0	0,300	50,0	24,7	3,7	1,0	4,3	30,0	33,9	12,80	76,7	0,51	0,10	0,49	1,57	2,12	4,8
120	11,9	21,0	0,230	51,6	25,8	3,8	0,9	4,2	30,9	35,5	13,51	79,9	0,44	0,09	0,45	1,40	2,24	4,6
140	12,6	22,7	0,182	51,6	26,2	3,7	0,9	4,1	31,2	36,1	14,13	81,4	0,39	0,08	0,42	1,28	2,34	4,5
160	13,1	24,0	0,148	50,1	25,8	3,6	0,8	3,9	30,5	35,8	14,64	80,9	0,34	0,07	0,38	1,15	2,42	4,4
180	13,5	25,1	0,123	48,3	25,1	3,5	0,8	3,7	29,6	35,3	15,13	80,0	0,30	0,06	0,35	1,05	2,51	4,3
200	13,7	25,9	0,104	45,5	24,0	3,3	0,7	3,5	28,2	34,2	15,53	77,9	0,26	0,05	0,32	0,96	2,57	4,2
220	13,9	26,7	0,088	42,8	22,8	3,1	0,7	3,3	26,8	33,0	15,93	75,7	0,24	0,05	0,30	0,89	2,64	4,1
240	14,0	27,2	0,077	40,3	21,7	2,9	0,6	3,1	25,4	31,8	16,25	73,5	0,21	0,04	0,27	0,82	2,69	4,0
260	14,0	27,6	0,067	37,3	20,3	2,7	0,6	2,9	23,8	30,3	16,57	70,7	0,19	0,04	0,25	0,77	2,74	4,0

A, лет	*H*, м	*D*, см	*N*, тыс. экз/га	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га								Первичная продукция фитомассы, т/га/год					
					стволов		хвои	ветвей	надзем-ная	корней	нижних ярусов	всего	стволов в коре	ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры												
280	14,1	28,1	0,059	35,2	19,4	2,6	0,5	2,8	22,7	29,2	16,87	68,8	0,17	0,04	0,23	0,71	2,79	3,9
300	14,0	28,2	0,053	32,6	18,1	2,4	0,5	2,6	21,2	27,8	17,10	66,1	0,16	0,03	0,22	0,66	2,83	3,9
Северная тайга																		
20	2,4	2,9	11,552	10,4	4,2	1,1	3,1	3,0	10,3	6,0	3,69	20,0	0,44	0,12	0,76	0,36	0,05	1,7
40	5,1	5,8	6,334	38,9	15,5	3,3	4,8	6,0	26,3	17,2	4,76	48,3	0,41	0,10	1,01	0,30	0,07	1,9
60	7,1	8,0	4,108	63,0	25,3	4,9	5,4	7,5	38,2	25,6	5,44	69,2	0,35	0,08	1,03	0,25	0,08	1,8
80	8,6	9,9	2,821	78,9	32,0	5,8	5,4	8,2	45,6	31,3	5,98	82,9	0,30	0,07	0,99	0,22	0,09	1,7
100	9,6	11,3	2,093	85,9	35,4	6,1	5,2	8,3	48,9	34,3	6,39	89,6	0,25	0,06	0,92	0,19	0,09	1,5
120	10,4	12,5	1,606	88,9	37,1	6,2	5,0	8,2	50,3	35,9	6,75	92,9	0,22	0,05	0,85	0,17	0,10	1,4
140	11,0	13,4	1,284	88,6	37,5	6,2	4,7	7,9	50,1	36,4	7,04	93,5	0,19	0,05	0,78	0,15	0,10	1,3
160	11,5	14,3	1,033	86,9	37,2	6,0	4,4	7,6	49,2	36,4	7,32	93,0	0,17	0,04	0,72	0,14	0,11	1,2
180	11,8	14,9	0,861	83,1	36,1	5,8	4,2	7,2	47,5	35,7	7,55	90,7	0,15	0,04	0,66	0,13	0,11	1,1
200	12,0	15,4	0,727	78,5	34,5	5,5	3,9	6,8	45,2	34,6	7,75	87,5	0,13	0,03	0,60	0,12	0,11	1,0
220	12,2	15,8	0,624	74,4	33,0	5,2	3,6	6,4	43,0	33,5	7,94	84,5	0,12	0,03	0,56	0,11	0,12	0,9
240	12,2	16,1	0,540	68,9	31,0	4,9	3,4	6,0	40,4	32,0	8,10	80,5	0,11	0,03	0,51	0,10	0,12	0,9
260	12,3	16,4	0,471	64,8	29,4	4,6	3,2	5,7	38,3	30,8	8,27	77,4	0,10	0,02	0,47	0,09	0,12	0,8
280	12,3	16,6	0,415	60,3	27,7	4,3	3,0	5,3	36,0	29,4	8,41	73,8	0,09	0,02	0,44	0,09	0,12	0,8
300	12,3	16,8	0,367	56,2	26,0	4,0	2,8	5,0	33,8	28,1	8,54	70,5	0,08	0,02	0,41	0,08	0,12	0,7
Средняя тайга																		
20	4,1	3,7	12,455	36,8	17,2	3,8	8,7	5,8	31,7	10,6	0,77	43,1	1,57	0,59	0,30	0,94	0,63	4,0
40	8,5	7,5	6,626	132,7	61,3	10,8	13,3	11,8	86,4	30,0	0,99	117,4	1,47	0,51	0,40	0,81	0,81	4,0
60	11,9	10,8	4,030	217,7	101,3	15,8	14,9	15,1	131,3	45,5	1,14	178,0	1,29	0,43	0,42	0,72	0,94	3,8
80	14,3	13,3	2,779	269,2	126,9	18,5	15,0	16,4	158,3	55,2	1,25	214,8	1,10	0,36	0,40	0,64	1,03	3,5
100	16,1	15,4	2,023	297,1	141,9	19,8	14,6	16,8	173,3	61,0	1,34	235,7	0,95	0,31	0,38	0,57	1,10	3,3
120	17,5	17,2	1,532	309,3	149,7	20,2	14,0	16,7	180,4	64,2	1,42	246,0	0,83	0,27	0,35	0,52	1,17	3,1

Электронный архив УГЛТУ

140	18,4	18,5	1,216	305,7	150,1	19,8	13,1	16,1	179,3	64,8	1,48	245,6	0,72	0,24	0,32	0,47	1,22	3,0
160	19,2	19,7	0,981	299,1	148,7	19,2	12,4	15,4	176,5	64,7	1,54	242,7	0,63	0,21	0,29	0,43	1,27	2,8
180	19,7	20,5	0,819	285,9	144,0	18,4	11,6	14,6	170,2	63,4	1,59	235,2	0,56	0,19	0,27	0,39	1,31	2,7
200	20,1	21,3	0,687	271,7	138,4	17,5	10,9	13,8	163,1	61,7	1,64	226,4	0,50	0,17	0,25	0,36	1,35	2,6
220	20,3	21,8	0,590	254,6	131,3	16,5	10,1	13,0	154,4	59,4	1,67	215,5	0,44	0,15	0,23	0,33	1,37	2,5
240	20,5	22,4	0,506	239,5	124,9	15,6	9,5	12,3	146,7	57,3	1,71	205,7	0,40	0,14	0,21	0,31	1,41	2,5
260	20,6	22,8	0,441	223,9	118,0	14,7	8,9	11,5	138,4	55,0	1,75	195,2	0,36	0,12	0,19	0,29	1,44	2,4
280	20,6	23,0	0,391	208,4	111,0	13,8	8,3	10,8	130,1	52,5	1,77	184,4	0,32	0,11	0,18	0,26	1,46	2,3
300	20,6	23,3	0,345	194,2	104,4	13,0	7,8	10,2	122,4	50,2	1,80	174,4	0,30	0,10	0,17	0,25	1,48	2,3
(J) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ																		
Лесостепь																		
20	4,0	4,8	5,323	31,7	11,9	1,6	1,0	9,8	22,7	4,8	2,18	29,7	0,88	0,37	0,45	0,97	1,79	4,5
40	8,4	9,7	2,859	116,2	43,0	4,7	1,5	19,6	64,1	13,6	2,81	80,5	0,82	0,31	0,60	0,82	2,31	4,9
60	11,6	13,7	1,782	186,4	69,5	6,8	1,7	24,8	96,0	20,4	3,22	119,6	0,71	0,26	0,62	0,72	2,65	5,0
80	14,0	17,0	1,217	232,3	87,7	7,9	1,7	27,2	116,6	24,8	3,54	144,9	0,61	0,22	0,60	0,64	2,91	5,0
100	15,8	19,7	0,886	257,3	98,4	8,5	1,7	27,8	127,9	27,5	3,80	159,2	0,52	0,19	0,56	0,57	3,13	5,0
120	17,1	21,8	0,679	265,9	103,1	8,7	1,6	27,4	132,1	28,8	4,02	164,9	0,45	0,17	0,52	0,51	3,31	4,9
140	18,1	23,6	0,535	265,6	104,4	8,6	1,5	26,6	132,5	29,3	4,20	166,0	0,40	0,15	0,48	0,47	3,45	4,9
160	18,8	25,0	0,434	257,8	102,6	8,3	1,4	25,4	129,4	29,1	4,36	162,9	0,35	0,13	0,43	0,42	3,59	4,9
180	19,3	26,1	0,361	246,8	99,5	7,9	1,3	24,1	124,9	28,5	4,49	157,9	0,30	0,11	0,40	0,39	3,69	4,9
200	19,7	27,1	0,303	234,6	95,7	7,5	1,2	22,8	119,7	27,8	4,62	152,1	0,27	0,10	0,37	0,36	3,80	4,9
220	19,9	27,8	0,259	219,8	90,7	7,1	1,1	21,4	113,2	26,7	4,73	144,7	0,24	0,09	0,34	0,33	3,89	4,9
240	20,1	28,5	0,223	206,8	86,3	6,7	1,1	20,2	107,6	25,8	4,84	138,2	0,22	0,08	0,31	0,30	3,98	4,9
260	20,1	28,9	0,195	191,8	81,0	6,3	1,0	18,9	100,9	24,6	4,93	130,4	0,20	0,08	0,29	0,28	4,06	4,9
280	20,1	29,2	0,173	178,9	76,3	5,9	0,9	17,8	95,0	23,5	5,01	123,6	0,18	0,07	0,27	0,26	4,12	4,9
300	20,1	29,6	0,153	167,2	72,0	5,6	0,9	16,8	89,7	22,5	5,09	117,3	0,16	0,06	0,25	0,24	4,19	4,9
(L) ЯПОНИЯ																		
Южная тайга																		
20	8,3	9,0	1,920	71,9	33,6	4,5	10,6	7,3	51,5	7,8	0,32	59,7	6,27	1,29	2,68	3,56	0,14	13,9
40	17,4	19,5	0,926	264,8	122,1	12,7	16,4	15,2	153,7	22,5	0,42	176,7	6,23	1,15	3,71	3,41	0,18	14,7
60	24,2	28,6	0,546	430,8	200,1	18,4	18,3	19,6	238,0	34,1	0,49	272,6	5,55	0,99	3,91	3,17	0,21	13,8
80	29,2	36,1	0,363	537,2	252,6	21,5	18,6	21,7	292,9	41,7	0,54	335,1	4,83	0,84	3,80	2,90	0,23	12,6

Электронный архив УГЛТУ

A, лет	*H*, м	*D*, см	*N*, тыс. экз/га	*M*, м³/га	Фитомасса, т/га								Первичная продукция фитомассы, т/га/год					
					стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	нижних ярусов	всего	стволов в коре	ветвей	хвои	корней	нижних ярусов	всего
					всего	коры												
100	32,9	42,2	0,260	593,1	282,7	22,9	18,0	22,3	323,0	46,1	0,58	369,7	4,19	0,73	3,57	2,64	0,25	11,4
120	35,6	47,1	0,197	613,8	296,6	23,3	17,2	22,1	335,9	48,4	0,62	384,9	3,65	0,63	3,31	2,41	0,26	10,3
140	37,6	51,1	0,155	612,4	299,9	23,0	16,3	21,4	337,6	49,2	0,65	387,4	3,19	0,55	3,06	2,20	0,28	9,3
160	39,1	54,3	0,125	595,1	295,3	22,2	15,3	20,5	331,1	48,9	0,67	380,6	2,80	0,49	2,81	2,01	0,28	8,4
180	40,2	57,0	0,103	570,7	286,7	21,3	14,3	19,5	320,5	48,1	0,69	369,3	2,48	0,44	2,58	1,85	0,29	7,6
200	40,9	59,1	0,087	541,7	275,4	20,2	13,4	18,5	307,3	46,8	0,71	354,8	2,21	0,39	2,38	1,71	0,30	7,0
220	41,4	60,7	0,074	507,9	261,3	19,1	12,5	17,3	291,1	45,1	0,73	336,9	1,97	0,35	2,18	1,57	0,31	6,4
240	41,8	62,2	0,064	478,8	249,0	18,1	11,8	16,4	277,2	43,5	0,75	321,4	1,78	0,32	2,02	1,46	0,32	5,9
260	41,9	63,2	0,056	446,6	234,8	17,0	11,0	15,4	261,2	41,7	0,76	303,7	1,60	0,29	1,86	1,36	0,32	5,4
280	42,0	64,2	0,049	416,4	221,2	15,9	10,3	14,5	246,0	39,9	0,77	286,7	1,45	0,27	1,73	1,27	0,33	5,0
300	41,9	64,7	0,043	383,3	205,8	14,8	9,6	13,5	228,9	37,7	0,79	267,4	1,31	0,24	1,59	1,17	0,34	4,7
Широколиственные леса																		
20	8,8	10,6	2,705	109,6	53,2	6,7	16,9	13,2	83,3	11,1	0,70	95,1	11,51	1,22	3,91	5,05	0,30	19,4
40	18,5	23,2	1,285	405,5	193,8	18,9	26,2	27,8	247,8	32,1	0,91	280,8	11,54	1,09	5,44	4,92	0,39	20,9
60	25,8	34,1	0,756	662,5	318,9	27,5	29,3	36,0	384,2	48,9	1,06	434,2	10,31	0,94	5,75	4,58	0,45	19,8
80	31,1	43,1	0,502	825,7	402,3	32,2	29,7	39,7	471,7	59,8	1,17	532,7	8,99	0,80	5,59	4,21	0,50	18,1
100	35,0	50,3	0,361	911,1	450,0	34,3	28,9	40,8	519,7	66,2	1,26	587,1	7,79	0,69	5,26	3,83	0,54	16,4
120	37,9	56,3	0,272	943,3	472,4	34,8	27,5	40,4	540,3	69,5	1,33	611,1	6,79	0,60	4,88	3,50	0,57	14,9
140	40,0	61,0	0,214	938,7	476,5	34,2	26,0	39,2	541,7	70,5	1,39	613,6	5,93	0,53	4,50	3,19	0,59	13,5
160	41,6	65,0	0,172	913,2	469,6	33,1	24,4	37,6	531,6	70,2	1,45	603,2	5,22	0,47	4,14	2,93	0,62	12,4
180	42,7	68,1	0,142	873,2	454,7	31,7	22,8	35,7	513,2	68,8	1,49	583,5	4,61	0,42	3,79	2,69	0,63	11,3
200	43,5	70,6	0,119	825,6	435,2	30,0	21,3	33,6	490,1	66,7	1,54	558,3	4,10	0,37	3,48	2,47	0,65	10,4
220	44,1	72,7	0,102	781,9	416,9	28,5	20,0	31,9	468,8	64,8	1,57	535,2	3,68	0,34	3,22	2,29	0,67	9,6
240	44,4	74,3	0,088	731,1	394,2	26,8	18,7	29,9	442,8	62,2	1,61	506,6	3,30	0,30	2,96	2,12	0,68	8,9
260	44,6	75,7	0,077	685,8	373,7	25,3	17,6	28,3	419,6	59,9	1,64	481,1	2,98	0,28	2,75	1,97	0,70	8,3
280	44,6	76,6	0,068	638,8	351,7	23,8	16,5	26,6	394,8	57,2	1,67	453,7	2,70	0,25	2,54	1,84	0,71	7,8
300	44,6	77,5	0,060	594,5	330,6	22,3	15,5	25,0	371,1	54,6	1,69	427,4	2,46	0,23	2,35	1,72	0,72	7,3

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 20

Распределение лесопокрытых площадей, общих запасов и запасов на 1 га УрФО по административным образованиям и лесхозам

№ по легенде	Название лесхоза	Площадь, га	Запас, тыс. м^3	Запас на 1 га, м^3
	Ямало-Ненецкий автономный округ Тюменской области			
1	Ноябрьский	1 639 862	125 854	77
2	Тарко-Салинский	1 439 270	104 006	73
3	Надымский	3 079 132	128 105	42
4	Ямальский	4 269 964	241 596	57
5	Красноселькупский	6 381 988	498 382	78
	Итого по лесхозам	16 810 216	1 097 943	65
	Ханты-Мансийский автономный округ Тюменской области			
2	Белоярский	2 438 930	268 369	110
1	Березовский	4 601 926	410 938	89
12	Комсомольский	176 406	13 243	75
17	Кондинский	667 298	57 791	87
9	Красноленинский	691 547	76 842	111
5	Мегионский	1 590 290	212 928	134
16	Междуреченский	994 176	102 332	103
19	Нефтеюганский	569 079	89 835	158
6	Нижневартовский	4 554 750	494 535	109
3	Октябрьский	816 666	108 034	132
11	Пионерский	792 479	78 138	99
18	Салымский	679 733	110 926	163
14	Самзасский	426 393	47 051	110
13	Советский	540 681	58 195	108
4	Сургутский	1 292 904	107 479	83
7	Торский	180 437	19 920	110
15	Урайский	713 405	62 010	87
10	Ханты-Мансийский	1 825 895	287 676	158
20	Юганский	2 048 701	337 496	165
	Итого по округу	25 601 696	2 943 738	115
	Тюменская область			
20	Абатский	35 427	4211	119
11	Аромашевский	170 978	15 070	88
7	Вагайский	511 486	45 312	89
13	Викуловский	168 219	23 090	137
18	Голышмановский	68 217	8198	120
1	Демьянский	965 621	175 299	182
4	Дубровинский	429 870	62 984	147
16	Заводоуковский	95 982	18 430	192
14	Исетский	104 372	15 554	149
19	Ишимский	62 495	7425	119
21	Казанский	34 547	3440	100
5	Нижнетавдинский	185 253	19 901	107

Электронный архив УГЛТУ

Продолжение прил. 20

№ по легенде	Название лесхоза	Площадь, га	Запас, тыс. м³	Запас на 1 га, м³
17	Омутинский	96 428	13 008	135
12	Сорокинский	24 159	3150	130
3	Тобольский	746 306	96 149	129
8	Тюменский	84 754	13 258	156
2	Уватский	2 029 137	324 806	160
15	Упоровский	42 269	7208	171
10	Юргинский	202 792	16 975	84
9	Ялуторовский	76 291	11 297	148
6	Ярковский	218 491	22 931	105
	Итого по области	6 353 094	907 696	143
	Свердловская область (см. табл. 4.23)			
	Курганская область			
1	Бариновский	45 837	6750	147
7	Боровлянский	47 584	7228	152
21	Варгашинский	67 282	8712	130
28	Глядянский	35 411	4740	134
8	Далматовский	32 014	4676	146
9	Звериноголовский	31 937	5259	165
6	Иванковский	43 615	5747	132
27	Каргапольский	38 561	5324	138
24	Катайский	59 057	8115	137
10	Кетовский	24 479	5442	222
2	Кособродский	77 390	12 807	166
11	Курганский	36 901	6192	168
4	Куртамышский	43 733	6968	159
12	Лебяжьевский	35 948	4111	114
22	Мокроусовский	56 270	7051	125
23	Макушинский	34 123	4385	129
14	Мехонский	40 495	7643	189
15	Петуховский	57 522	6901	120
25	Половинский	29 507	3198	108
3	Просветский	60 232	10 119	168
20	Сафакулевский	24 143	3207	133
13	Советский	31 011	4400	142
26	Целинный	33 989	3499	103
18	Шадринский	44 964	6687	149
16	Шатровский	41 720	5080	122
17	Шумихинский	20 519	2130	104
19	Щучанский	57 985	8197	141
5	Юргамышский	36 374	4737	130
	Итого по области	1 188 602	169 303	142

Электронный архив УГЛТУ

Окончание прил. 20

№ по легенде	Название лесхоза	Площадь, га	Запас, тыс. м³	Запас на 1 га, м³
	Челябинская область			
26	Анненский	75 822	10 100	133
7	Аргаяшский	63 277	9638	152
9	Ашинский	212 073	30 262	143
27	Брединский	32 578	3987	122
23	Верхнеуральский	55 639	9638	173
17	Еткульский	53 277	8785	165
13	Златоустовский	119 163	17 775	149
3	Каслинский	111 417	19 768	177
11	Катав-Ивановский	251 229	38 990	155
8	Красноармейский	78 996	12 580	159
4	Кунашакский	46 365	7201	155
6	Кусинский	93 243	14 697	157
5	Кыштымский	106 886	17 992	168
23а	Магнитогорский	11 259	1222	109
14	Миасский	102 125	22 368	219
1	Нязепетровский	224 194	33 079	148
21	Октябрьский	29 339	3609	123
19	Пластовский	63 972	10 213	160
12	Саткинский	65 208	13 904	146
22	Троицкий	29 502	3746	127
20	Увельский	36 367	5661	156
18	Уйский	51 281	7307	143
10	Усть-Катавский	47 561	8330	175
2	Уфалейский	161 344	26 486	164
15	Чебаркульский	81 088	13 912	171
16	Челябинский	30 182	5383	178
24	Чесменский	30 526	3878	127
25	Шершневский	21 874	3694	169
	Итого по области	2 315 787	364 200	157

Распределение общих и в расчете на 1 га запасов фитомассы на территории УрФО по административным образованиям и лесхозам

№ лесхоза	Название лесхоза	Общие запасы фитомассы по лесхозам, тыс. т					Фитомасса всего, тыс. т		Фитомасса, т/га			
									в расчете на лесопокрытую площадь		в расчете на общую площадь	
		стволов	хвои	ветвей	корней	нижних ярусов	надземная	общая	надземная	общая	надземная	общая
Ямало-Ненецкий автономный округ Тюменской области												
1	Ноябрьский	58 473	3123	7332	21 572	6674	75 602	97 174	46	59	15	19
2	Тарко-Салинский	48 765	2310	6086	19 630	6385	63 546	83 176	44	58	14	18
3	Надымский	61 687	5992	9769	24 834	12 873	90 320	115 154	29	37	9	12
4	Ямальский	115 528	8397	16 398	38 513	19 717	160 041	198 554	37	47	12	14
5	Красноселькупский	237 038	7926	25 470	99 372	27 008	297 441	396 813	47	62	14	20
	Итого по лесхозам	521 491	27 748	65 055	203 921	72 657	686 950	890 871	41	53	12	16
Ханты-Мансийский автономный округ Тюменской области												
2	Белоярский	123 222	6442	15 909	45 424	10 094	155 667	201 092	64	83	40	51
1	Березовский	185 537	11 570	24 523	77 453	21 031	242 661	320 113	53	69	39	51
12	Комсомольский	5874	501	755	2030	499	7628	9588	43	55	25	32
17	Кондинский	26 102	1599	3248	8499	2359	33 308	41 807	49	63	18	23
9	Красноленинский	34 499	2585	4909	11 457	2488	44 482	55 939	64	81	40	50
5	Мегионский	94 993	5343	13 540	28 363	6137	120 013	148 376	76	93	38	47
16	Междуреченский	47 330	3206	7151	16 179	3122	60 808	76 988	61	77	32	40
19	Нефтеюганский	42 096	2048	6723	12 775	1897	52 763	65 538	93	115	52	64
6	Нижневартовский	220 452	12 786	28 924	68 666	16 779	278 941	347 606	61	76	34	42
3	Октябрьский	49 184	3047	6990	17 551	3002	62 223	79 774	76	98	69	89
11	Пионерский	34 488	2740	4535	12 258	2815	44 577	56 835	56	71	45	57
18	Салымский	52 518	2553	8221	16 370	2324	65 616	81 985	96	120	54	67
14	Самзасский	20 908	1476	2787	7181	1609	26 779	33 961	63	80	48	60
13	Советский	25 704	1996	3388	8706	1848	32 936	41 642	61	77	45	57
4	Сургутский	48 533	2671	5892	16 058	5374	62 470	78 528	48	61	11	14
7	Торский	8765	615	1090	2848	571	11 041	13 889	61	77	52	66

Электронный архив УГЛТУ

15	Урайский	28 738	1837	3918	9431	2164	36 657	46 088	51	65	26	33
10	Ханты-Мансийский	129 508	6908	19 056	40 098	6246	161 717	201 815	89	111	42	52
20	Юганский	156 541	7418	24 363	46 948	7025	195 353	242299	95	118	67	83
	Итого по области	1 334 997	77 339	185 922	448 293	97 384	1 695 642	2 143 935	66	84	37	46
	Тюменская область (без округов)											
20	Абатский	2113	88	367	701	81	2650	3351	75	95	58	74
11	Аромашевский	7567	309	1297	2763	424	9597	12 360	56	72	49	63
7	Вагайский	21 757	1080	3494	7933	1305	27 637	35 570	54	70	29	38
13	Викуловский	11 694	358	2095	3749	409	14 556	18 307	87	109	56	70
18	Голышмановский	4092	187	707	1317	153	5139	6456	75	95	56	70
1	Демьянский	82 964	3426	13 847	24 573	1407	101 644	126 217	105	131	67	83
4	Дубровинский	29 713	1343	5296	9527	1239	37 591	47 118	87	109	65	81
16	Заводоуковский	8363	447	1197	2451	184	10 192	12 643	106	132	101	126
14	Исетский	7445	386	1186	2329	206	9225	11 554	88	111	52	66
19	Ишимский	3707	157	632	1221	139	4635	5856	74	94	46	59
21	Казанский	1707	91	294	604	79	2171	2775	63	80	44	56
5	Нижнетавдинский	9495	557	1540	3282	378	11 969	15 250	52	67	43	55
17	Омутинский	6558	265	1140	2127	211	8173	10 300	85	107	74	93
12	Сорокинский	1588	65	278	511	58	1989	2499	82	103	57	72
3	Тобольский	46 215	1940	7671	15 025	2034	57 861	72 886	78	98	39	49
8	Тюменский	5984	329	819	1843	171	7303	9146	86	108	74	93
2	Уватский	149 899	7544	24 959	46 611	2320	184 723	231 334	91	114	60	75
15	Упоровский	3281	204	483	974	91	4058	5033	96	119	78	97
10	Юргинский	8175	513	1305	2951	417	10 411	13 362	51	66	37	48
9	Ялуторовский	5244	304	785	1633	146	6479	8112	85	106	80	100
6	Ярковский	10 991	572	1749	3841	483	13 794	17 635	63	81	37	47
	Итого по области	428 553	20 164	71 143	136 004	11 934	531 795	667 781	84	105	54	67
	Свердловская область (см. табл. 4.26)											
	Курганская область											
1	Бариновский	2983	257	406	911	67	3646	4557	79	99	68	84
7	Боровлянский	3199	257	448	989	65	3906	4895	82	103	70	88

Электронный архив УГЛТУ

№ лесхоза	Название лесхоза	Общие запасы фитомассы по лесхозам, тыс. т					Фитомасса всего, тыс. т		Фитомасса, т/га			
									в расчете на лесопокрытую площадь		в расчете на общую площадь	
		стволов	хвои	ветвей	корней	нижних ярусов	надземная	общая	надземная	общая	надземная	общая
21	Варгашинский	4288	207	711	1416	127	5206	6621	77	98	65	82
28	Глядянский	2299	111	371	756	66	2782	3538	79	99	71	89
8	Далматовский	2257	199	393	730	53	2850	3580	89	112	63	79
9	Звериноголовский	2342	143	320	707	55	2805	3513	88	110	76	94
6	Иванковский	2700	205	425	866	70	3300	4197	76	96	67	83
27	Каргапольский	2533	144	393	811	67	3071	3882	79	101	73	92
24	Катайский	4025	181	667	1311	111	4873	6184	83	105	53	67
10	Кетовский	2417	126	315	686	42	2859	3545	117	144	89	110
2	Кособродский	5717	384	775	1724	117	6876	8600	89	111	73	91
11	Курганский	2782	164	381	844	64	3327	4171	90	113	76	95
4	Куртамышский	3101	246	437	940	65	3784	4724	87	108	75	93
12	Лебяжьевский	2059	98	351	711	69	2509	3220	70	90	62	79
22	Мокроусовский	3528	156	603	1182	107	4288	5470	76	97	69	88
23	Макушинский	2067	95	352	705	65	2515	3220	74	94	87	104
14	Мехонский	2495	210	357	781	58	3065	3846	76	95	67	84
15	Петуховский	6003	147	586	1183	113	6076	6195	106	108	99	116
25	Половинский	1591	76	274	554	56	1943	2498	66	85	55	71
3	Просветский	4474	299	583	1328	88	5356	6684	89	111	71	88
20	Сафакулевский	1614	77	274	532	46	1966	2498	81	103	63	80
13	Советский	1865	128	138	564	75	2130	2694	69	87	59	74
26	Целинный	1698	127	285	584	57	2110	2694	62	79	53	68
18	Шадринский	2827	186	509	964	79	3526	4490	78	99	64	77
16	Шатровский	2323	210	352	762	64	2884	3646	69	87	59	75
17	Шумихинский	1042	68	176	367	37	1287	1654	63	81	47	60
19	Щучанский	4019	348	704	1307	101	5071	6378	87	110	60	75
5	Юргамышский	2224	169	79	708	58	2473	3180	68	87	50	64
	Итого по области	81 472	5018	11 665	24 653	2042	100 197	124 850	84	105	66	84

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

Челябинская область

26	Анненский	4755	300	711	1509	46	5813	7322	77	97	47	60
7	Аргаяшский	4744	308	776	1465	27	5855	7320	93	116	81	101
9	Ашинский	14 506	709	2877	5522	464	18 557	24 079	88	114	80	103
27	Брединский	1860	176	278	587	47	2361	2948	72	91	37	47
23	Верхнеуральский	4619	306	723	1381	81	5729	7111	103	128	95	118
17	Еткульский	4289	301	706	1313	30	5327	6640	100	125	95	119
13	Златоустовский	8403	549	1262	2722	295	10 509	13 230	88	111	80	101
3	Каслинский	9219	539	1358	2754	189	11 305	14 060	101	126	89	111
11	Катав-Ивановский	17 775	1179	2749	5699	546	22 249	27 947	89	111	84	104
8	Красноармейский	6298	371	1072	1950	125	7867	9817	99	124	76	96
4	Кунашакский	3582	248	602	1102	42	4474	5576	97	120	75	93
6	Кусинский	6831	427	1135	2270	256	8650	10 920	93	117	83	104
5	Кыштымский	8345	541	1226	2580	199	10 311	12 891	97	121	86	107
23а	Магнитогорский	622	42	99	205	19	781	987	69	88	51	65
14	Миасский	10 284	589	1454	2919	174	12 501	15 419	122	150	110	136
1	Нязепетровский	15 621	963	2687	5141	524	19 795	24 936	88	111	84	106
21	Октябрьский	1785	118	305	598	48	2256	2854	77	97	57	71
19	Пластовский	4778	349	720	1433	99	5946	7379	93	115	86	106
12	Саткинский	6461	391	974	2101	195	8021	10 122	84	106	74	93
22	Троицкий	1894	118	320	616	49	2381	2996	81	102	59	75
20	Увельский	2810	194	473	865	55	3531	4397	97	120	93	115
18	Уйский	3521	290	575	1105	76	4461	5567	87	109	81	102
10	Усть-Катавский	3788	240	528	1111	82	4638	5749	98	121	91	112
2	Уфалейский	12 360	712	1911	3839	331	15 314	19 153	93	119	88	112
15	Чебаркульский	6585	476	1023	1959	113	8197	10 156	101	125	93	115
16	Челябинский	2682	153	446	802	47	3328	4130	110	137	77	95
24	Чесменский	1890	117	311	629	50	2369	2998	78	98	63	80
25	Шершневский	1843	107	313	563	34	2296	2859	105	130	100	124
	Итого по области	170 754	10 812	27 615	54 740	4244	213 424	268 164	92	116	80	101

Распределение общей и в расчете на 1 га первичной продукции насаждений на территории УрФО по административным образованиям и лесхозам, рассчитанной по двум альтернативным методам

№ лесхоза	Название лесхоза	Общая годичная продукция по лесхозам области, тыс. т					Годичная продукция всего, тыс. т		Годичная продукция, т/га			
									в расчете на лесопокрытую площадь		в расчете на общую площадь	
		стволов	хвои	ветвей	корней	нижних ярусов	надземная	общая	надземная	общая	надземная	общая
Ямало-Ненецкий автономный округ Тюменской области												
Метод 1												
1	Ноябрьский	1509,11	520,35	190,50	439,11	2440,85	4660,81	5099,92	2,84	3,11	0,93	1,00
2	Тарко-Салинский	1339,45	2115,91	109,48	512,24	951,30	4516,15	5028,38	3,14	3,49	1,00	1,08
3	Надымский	2289,62	4362,30	709,54	1081,72	2521,14	9882,60	10 964,32	3,21	3,56	1,03	1,10
4	Ямальский	8233,06	3296,39	618,03	2080,23	2765,82	14 913,31	16 993,54	3,49	3,98	1,12	1,23
5	Красноселькупский	3279,59	4990,49	703,96	5529,97	4029,63	13 003,67	18 533,65	2,04	2,90	0,65	0,90
	Итого	16 650,83	15 285,44	2331,51	9643,27	12 708,74	46 976,54	56 619,81	2,79	3,37	0,89	1,05
Метод 2												
1	Ноябрьский	819,86	893,89	228,40	1278,11	1511,30	3453,45	4731,56	2,11	2,89	0,69	0,93
2	Тарко-Салинский	705,77	823,55	167,36	980,43	1181,51	2878,20	3858,62	2,00	2,68	0,64	0,83
3	Надымский	1787,87	1922,35	621,72	1273,11	1804,47	6136,40	7409,51	1,99	2,41	0,62	0,73
4	Ямальский	2485,05	3058,27	1199,13	2239,42	5233,54	11 975,99	14 215,41	2,80	3,33	0,72	0,86
5	Красноселькупский	3609,41	4018,78	879,06	6024,58	6077,16	14 584,41	20 608,99	2,29	3,23	0,73	1,00
	Итого	9407,96	10 716,84	3095,67	11 795,65	15 807,98	39 028,45	50 824,09	2,32	3,02	0,74	0,94
Ханты-Мансийский автономный округ Тюменской области												
Метод 1												
2	Белоярский	1102,23	1182,29	278,69	824,22	1680,58	4243,80	5068,03	1,74	2,08	1,09	1,28
1	Березовский	1896,29	2183,25	435,69	1213,88	3713,99	8229,23	9443,11	1,79	2,05	1,32	1,52
12	Комсомольский	237,01	117,18	44,91	62,85	849,29	1248,39	1311,24	7,08	7,43	4,11	4,32
17	Кондинский	355,25	297,55	88,95	96,06	1179,68	1921,43	2017,49	2,88	3,02	1,06	1,10
9	Красноленинский	372,16	620,72	197,49	315,77	1282,14	2472,51	2788,28	3,58	4,03	2,23	2,49

Электронный архив УГЛТУ

5	Мегионский	578,78	1095,50	201,80	283,07	1419,51	3295,60	3578,67	2,07	2,25	1,04	1,14
16	Междуреченский	1048,35	1028,01	290,97	520,01	1679,23	4046,56	4566,57	4,07	4,59	2,14	2,39
19	Нефтеюганский	341,06	709,04	152,32	187,97	379,90	1582,32	1770,30	2,78	3,11	1,55	1,73
6	Нижневартовский	2013,91	2769,26	587,74	714,77	5029,91	10 400,82	11 115,59	2,28	2,44	1,27	1,35
3	Октябрьский	542,01	748,30	175,30	471,01	1009,15	2474,76	2945,77	3,03	3,61	2,75	3,28
11	Пионерский	604,70	516,96	148,56	298,54	2198,26	3468,47	3767,01	4,38	4,75	3,52	3,82
18	Салымский	413,17	796,50	195,95	200,27	414,84	1820,46	2020,73	2,68	2,97	1,51	1,66
14	Самзасский	281,65	293,38	81,03	129,60	869,72	1525,78	1655,38	3,58	3,88	2,73	2,91
13	Советский	406,94	381,93	121,95	270,15	1553,81	2464,63	2734,78	4,56	5,06	3,36	3,74
4	Сургутский	492,37	325,20	102,20	94,78	1536,16	2455,93	2550,71	1,90	1,97	0,44	0,45
7	Торский	109,99	115,27	29,60	33,76	428,88	683,74	717,49	3,79	3,98	3,23	3,41
15	Урайский	647,91	609,72	186,38	310,67	1743,52	3187,53	3498,20	4,47	4,90	2,28	2,49
10	Ханты-Мансийский	4001,61	2295,24	705,22	2399,47	2026,63	9028,70	11428,18	4,94	6,26	2,33	2,93
20	Юганский	909,61	2213,22	415,57	611,16	1209,26	4747,66	5358,82	2,32	2,62	1,63	1,84
	Итого	16 355,03	18 298,52	4440,34	9038,01	30 204,46	69 298,34	78 336,35	2,71	3,06	1,52	1,68
					Метод 2							
2	Белоярский	1736,68	1699,88	445,45	2894,14	2174,24	6056,26	8950,40	2,48	3,67	1,55	2,25
1	Березовский	2859,90	3144,50	851,36	3929,59	11 448,04	18 303,80	22 233,39	3,98	4,83	2,93	3,57
12	Комсомольский	127,38	125,27	42,55	160,68	852,47	1147,67	1308,35	6,51	7,42	3,78	4,32
17	Кондинский	452,96	435,90	126,67	628,59	3266,16	4281,68	4910,27	6,42	7,36	2,36	2,69
9	Красноленинский	617,53	739,66	244,96	795,20	1393,51	2995,66	3790,86	4,33	5,48	2,71	3,38
5	Мегионский	1351,47	1453,78	367,32	2299,05	2289,97	5462,54	7761,59	3,43	4,88	1,72	2,47
16	Междуреченский	1060,24	1264,70	407,34	839,41	1829,44	4561,71	5401,12	4,59	5,43	2,41	2,82
19	Нефтеюганский	590,85	843,94	205,37	793,73	932,88	2573,03	3366,76	4,52	5,92	2,53	3,29
6	Нижневартовский	3655,49	3525,87	944,71	5734,78	6288,86	14 414,92	20 149,71	3,16	4,42	1,76	2,44
3	Октябрьский	741,59	869,11	249,26	1019,90	975,08	2835,04	3854,94	3,47	4,72	3,15	4,29
11	Пионерский	627,62	652,65	225,02	856,18	2286,59	3791,88	4648,07	4,78	5,87	3,84	4,71
18	Салымский	663,81	1081,00	275,41	796,42	790,60	2810,83	3607,26	4,14	5,31	2,33	2,96
14	Самзасский	347,41	384,86	120,29	505,65	1049,18	1901,74	2407,39	4,46	5,65	3,40	4,23
13	Советский	459,20	473,11	168,60	660,66	1537,74	2638,65	3299,31	4,88	6,10	3,60	4,52
4	Сургутский	754,10	640,28	163,40	1183,52	1697,46	3255,24	4438,75	2,52	3,43	0,58	0,79
7	Торский	148,64	141,65	48,60	243,30	438,80	777,69	1020,99	4,31	5,66	3,67	4,85
15	Урайский	617,85	679,60	193,88	630,54	1842,79	3334,12	3964,66	4,67	5,56	2,38	2,82

Электронный архив УГЛТУ

№ лесхоза	Название лесхоза	Общая годичная продукция по лесхозам области, тыс. т					Годичная продукция всего, тыс. т		Годичная продукция, т/га			
									в расчете на лесопокрытую площадь		в расчете на общую площадь	
		стволов	хвои	ветвей	корней	нижних ярусов	надземная	общая	надземная	общая	надземная	общая
10	Ханты-Мансийский	1812,16	2251,61	606,48	3160,33	3882,96	8553,21	11 713,54	4,68	6,42	2,21	3,01
20	Юганский	1983,83	2803,16	665,69	3062,50	2219,21	7671,89	10 734,40	3,74	5,24	2,64	3,69
	Итого	20 608,71	23 210,54	6352,36	30 194,17	47 195,96	97 367,57	127 561,75	3,80	4,98	2,13	2,73
	Тюменская область (без округов)											
	Метод 1											
20	Абатский	95	136	41	378	196	468	846	13,2	23,9	10,2	18,6
11	Аромашевский	400	580	173	1216	550	1703	2919	10,0	17,1	8,7	14,9
7	Вагайский	851	1052	338	2910	1921	4162	7072	8,1	13,8	4,37	7,51
13	Викуловский	432	657	190	2002	914	2193	4195	13,0	24,9	8,39	16,0
18	Голышмановский	200	282	85	709	402	969	1678	14,2	24,6	10,6	18,1
1	Демьянский	2166	3021	887	9317	1643	7717	17034	8,0	17,6	5,10	11,2
4	Дубровинский	916	1231	401	3018	1643	4191	7209	9,7	16,8	7,28	12,5
16	Заводоуковский	278	298	95	1109	897	1568	2677	16,3	27,9	15,6	26,6
14	Исетский	317	399	126	1168	793	1636	2804	15,7	26,9	9,26	16,0
19	Ишимский	177	252	76	637	333	837	1474	13,4	23,6	8,33	14,8
21	Казанский	92	128	40	308	175	435	743	12,6	21,5	8,79	15,1
5	Нижнетавдинский	433	503	171	1486	1101	2208	3694	9,7	16,2	8,00	13,3
17	Омутинский	316	463	137	1108	526	1442	2550	15,0	26,4	13,0	23,0
12	Сорокинский	70	102	30	306	154	355	662	14,7	27,4	10,2	19,1
3	Тобольский	1405	1838	570	5201	2965	6778	11979	9,1	16,1	4,54	8,03
8	Тюменский	201	208	66	750	651	1125	1875	13,3	22,1	11,4	19,0
2	Уватский	3830	5447	1609	15 767	2728	13 614	29 381	6,7	14,5	4,42	9,53
15	Упоровский	108	118	38	441	341	604	1045	14,3	24,7	11,6	20,1
10	Юргинский	386	453	153	1499	1169	2161	3661	10,7	18,1	7,73	13,1
9	Ялуторовский	200	227	73	826	653	1153	1979	15,1	25,9	14,2	24,5
6	Ярковский	462	552	182	1641	1169	2365	4006	10,8	18,3	6,36	10,6
	Итого	13 333	17 945	5480	51 798	20 925	57 684	109 482	9,02	17,1	5,80	10,9

Электронный архив УГЛТУ

Метод 2

20	Абатский	71	95	20	31	109	296	327	8,35	9,23	6,46	7,19
11	Аромашевский	325	424	81	150	1228	2059	2210	12,04	12,92	10,5	11,3
7	Вагайский	717	866	195	450	486	2264	2714	4,43	5,31	2,38	2,88
13	Викуловский	293	441	86	149	627	1447	1596	8,60	9,49	5,54	6,09
18	Голышмановский	153	195	43	65	376	768	833	11,26	12,21	8,41	9,00
1	Демьянский	1559	2106	469	1348	830	4964	6312	5,14	6,54	3,28	4,14
4	Дубровинский	697	925	210	440	454	2286	2726	5,32	6,34	3,97	4,71
16	Заводоуковский	228	229	65	215	71	593	808	6,18	8,42	5,89	8,04
14	Исетский	251	288	72	145	172	783	928	7,51	8,89	4,44	5,29
19	Ишимский	136	174	37	60	59	405	466	6,49	7,45	4,03	4,68
21	Казанский	75	94	21	33	72	262	295	7,57	8,53	5,29	5,97
5	Нижнетавдинский	363	405	109	189	159	1037	1226	4,54	5,37	3,76	4,41
17	Омутинский	242	309	63	96	282	896	993	9,30	10,29	8,09	8,95
12	Сорокинский	51	68	15	22	36	170	191	7,02	7,91	4,88	5,53
3	Тобольский	1089	1413	305	769	794	3601	4370	4,82	5,86	2,41	2,93
8	Тюменский	175	167	46	160	67	455	615	5,37	7,25	4,62	6,24
2	Уватский	2855	3922	896	2515	1968	9641	12 156	4,75	5,99	3,13	3,94
15	Упоровский	94	98	29	83	32	253	336	5,98	7,95	4,86	6,48
10	Юргинский	317	381	92	176	224	1015	1190	5,00	5,87	3,63	4,27
9	Ялуторовский	170	177	48	124	60	455	578	5,96	7,58	5,61	7,15
6	Ярковский	381	445	112	221	220	1159	1380	5,30	6,32	3,11	3,66
	Итого	10 242	13 222	3016	7441	8328	34 807	42 249	5,44	6,61	3,50	4,21

Свердловская область (см. табл. 4.35 и 4.36)

Курганская область

Метод 1

1	Бариновский	151,71	99,55	41,97	325,81	206,16	499,39	825,20	10,89	18,00	9,38	15,28
7	Боровлянский	175,01	107,03	45,97	342,02	190,57	518,59	860,61	10,90	18,09	9,30	15,45
21	Варгашинский	195,91	171,77	52,86	275,42	85,19	505,72	781,14	7,52	11,61	6,35	9,71
28	Глядянский	101,51	88,13	26,45	150,14	45,49	261,58	411,72	7,39	11,63	6,64	10,45
8	Далматовский	130,11	90,06	61,57	165,66	61,56	343,30	508,95	10,72	15,90	7,59	11,21
9	Звериноголовский	93,09	62,70	21,89	178,83	79,98	257,65	436,49	8,07	13,67	6,97	11,68

Электронный архив УГЛТУ

№ лесхоза	Название лесхоза	Общая годичная продукция по лесхозам области, тыс. т					Годичная продукция всего, тыс. т		Годичная продукция, т/га			
									в расчете на лесопокрытую площадь		в расчете на общую площадь	
		стволов	хвои	ветвей	корней	нижних ярусов	надземная	общая	надземная	общая	надземная	общая
6	Иванковский	133,72	107,50	41,90	221,86	134,65	417,77	639,63	9,58	14,67	8,44	12,68
27	Каргапольский	115,47	93,33	30,33	188,10	78,87	318,00	506,10	8,25	13,12	7,62	11,96
24	Катайский	174,13	159,29	45,51	264,67	68,34	447,27	711,94	7,57	12,06	4,84	7,69
10	Кетовский	90,05	52,12	19,81	206,04	42,21	204,19	410,22	8,34	16,76	6,35	12,80
2	Кособродский	280,78	169,64	64,95	573,96	259,40	774,75	1348,72	10,01	17,43	8,21	14,29
11	Курганский	111,98	75,77	27,96	222,05	97,21	312,92	534,97	8,48	14,50	7,16	12,19
4	Куртамышский	139,59	99,10	42,37	288,44	160,70	441,76	730,20	10,10	16,70	8,71	14,38
12	Лебяжьевский	97,89	92,33	26,22	133,42	42,62	259,06	392,48	7,21	10,92	6,38	9,58
22	Мокроусовский	160,14	147,62	43,99	206,41	56,10	407,85	614,26	7,25	10,92	6,58	9,90
23	Макушинский	95,90	87,96	25,83	127,41	39,08	248,76	376,17	7,29	11,02	8,57	12,20
14	Мехонский	135,96	90,44	38,41	247,60	155,68	420,49	668,09	10,38	16,50	9,15	14,59
15	Петуховский	158,36	145,63	40,91	217,57	62,33	407,22	624,79	7,08	10,86	6,61	11,67
25	Половинский	80,13	72,02	21,98	91,59	30,70	204,83	296,42	6,94	10,05	5,78	8,39
3	Просветский	223,23	121,04	47,41	465,87	236,14	627,83	1093,70	10,42	18,16	8,32	14,40
20	Сафакулевский	70,67	67,90	19,84	107,81	32,84	191,25	299,06	7,92	12,39	6,16	9,62
13	Советский	96,53	58,52	21,33	162,46	104,76	281,14	443,61	9,07	14,30	7,75	12,17
26	Целинный	91,19	79,68	27,90	127,98	95,00	293,78	421,75	8,64	12,41	7,39	10,68
18	Шадринский	144,64	119,93	41,54	225,76	87,41	393,52	619,28	8,75	13,77	7,18	10,71
16	Шатровский	120,70	94,40	39,66	204,47	164,52	419,28	623,75	10,05	14,95	8,59	12,89
17	Шумихинский	57,61	50,99	16,24	80,11	42,09	166,93	247,04	8,14	12,04	6,07	8,92
19	Щучанский	199,35	180,80	139,33	295,08	99,50	618,99	914,07	10,68	15,76	7,36	10,75
5	Юргамышский	115,55	88,30	35,44	183,56	119,19	358,47	542,03	9,86	14,90	7,25	10,96
	Итого	3740,90	2873,54	1109,57	6280,09	2878,28	10 602,30	16 882,39	8,92	14,20	7,01	11,36
	Метод 2											
1	Бариновский	*99,99*	95,92	37,72	88,05	30,20	233,63	321,68	5,10	7,02	4,39	5,95
7	Боровлянский	118,57	106,55	41,07	92,69	31,69	266,20	358,89	5,59	7,54	4,78	6,44
21	Варгашинский	146,04	181,71	46,28	69,29	56,05	374,03	443,32	5,56	6,59	4,69	5,51

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

28	Глядинский	75,95	93,48	23,83	41,53	30,18	193,27	234,79	5,46	6,63	4,91	5,96
8	Далматовский	184,87	110,04	101,26	39,91	35,11	396,18	436,09	12,38	13,62	8,76	9,61
9	Звериноголовский	66,36	62,75	20,33	66,65	24,02	149,44	216,09	4,68	6,77	4,04	5,78
6	Иванковский	97,08	109,75	29,80	57,27	32,19	236,63	293,90	5,43	6,74	4,78	5,83
27	Каргапольский	84,35	97,17	27,13	51,17	30,64	208,65	259,81	5,41	6,74	5,00	6,14
24	Катайский	129,71	170,02	41,29	62,05	50,90	341,02	403,07	5,77	6,83	3,69	4,36
10	Кетовский	56,68	52,18	17,12	69,38	17,26	125,98	195,36	5,15	7,98	3,91	6,10
2	Кособродский	180,97	168,32	58,76	162,59	53,83	408,05	570,65	5,27	7,37	4,32	6,05
11	Курганский	81,67	74,76	51,36	78,29	25,27	207,79	286,08	5,63	7,75	4,76	6,52
4	Куртамышский	100,88	97,81	37,19	87,16	28,70	235,88	323,04	5,39	7,39	4,65	6,36
12	Лебяжьевский	73,99	97,90	23,57	31,66	47,31	195,46	227,12	5,44	6,32	4,82	5,55
22	Мокроусовский	125,40	157,60	38,66	49,84	48,68	322,41	372,25	5,73	6,62	5,20	6,00
23	Макушинский	74,81	94,31	23,06	30,05	28,20	192,17	222,23	5,63	6,51	6,62	7,21
14	Мехонский	94,26	88,86	34,04	69,36	29,51	218,28	287,64	5,39	7,10	4,75	6,28
15	Петуховский	113,78	155,28	36,25	50,46	48,13	305,30	355,77	5,31	6,18	4,96	6,64
25	Половинский	64,95	76,18	19,46	24,55	56,63	160,59	185,14	5,44	6,27	4,54	5,24
3	Просветский	135,99	118,10	42,63	132,02	39,37	296,72	428,74	4,93	7,12	3,93	5,64
20	Сафакулевский	51,40	73,11	17,58	22,46	19,14	142,09	164,55	5,89	6,82	4,58	5,29
13	Советский	56,38	57,03	19,37	53,72	31,23	132,78	186,49	4,28	6,01	3,66	5,12
26	Целинный	64,78	81,56	24,22	30,14	48,57	170,56	200,70	5,02	5,90	4,29	5,08
18	Шадринский	107,41	121,85	36,32	59,58	38,81	265,58	325,16	5,91	7,23	4,85	5,62
16	Шатровский	94,01	94,70	35,87	56,52	29,11	224,58	281,10	5,38	6,74	4,60	5,81
17	Шумихинский	45,10	53,31	14,94	19,66	18,03	113,34	133,00	5,52	6,48	4,12	4,80
19	Щучанский	198,03	203,48	93,82	65,07	63,20	495,33	560,40	8,54	9,66	5,89	6,59
5	Юргамышский	80,87	90,46	30,03	48,69	26,94	201,37	250,06	5,54	6,87	4,07	5,06
	Итого	2804,27	2984,17	1022,98	1709,82	1018,89	7830,31	9540,12	6,59	8,03	5,18	6,42
					Челябинская область							
					Метод 1							
26	Анненский	225	277	85	677	497	1084	1761	14,3	23,2	8,78	14,3
7	Аргаяшский	256	346	106	754	454	1162	1916	18,4	30,3	16,0	26,3
9	Ашинский	641	785	306	1109	657	2389	3498	11,3	16,5	10,2	14,9
27	Брединский	90	99	34	327	293	517	843	15,9	25,9	8,26	13,5
23	Верхнеуральский	233	300	93	739	510	1135	1874	20,4	33,7	18,9	31,2

№ лесхоза	Название лесхоза	Общая годичная продукция по лесхозам области, тыс. т					Годичная продукция всего, тыс. т		Годичная продукция, т/га			
									в расчете на лесопокрытую площадь		в расчете на общую площадь	
		стволов	хвои	ветвей	корней	нижних ярусов	надземная	общая	надземная	общая	надземная	общая
17	Еткульский	234	314	98	739	478	1124	1863	21,1	35,0	20,1	33,4
13	Златоустовский	368	471	154	1026	752	1744	2771	14,6	23,3	13,4	21,2
3	Каслинский	381	463	140	1311	951	1936	3247	17,4	29,1	15,3	25,6
11	Катав-Ивановский	658	770	259	2011	1584	3271	5282	13,0	21,0	12,2	19,7
8	Красноармейский	354	502	152	977	485	1494	2471	18,9	31,3	14,6	24,1
4	Кунашакский	203	276	86	612	373	939	1551	20,2	33,4	15,7	25,9
6	Кусинский	277	329	116	781	587	1309	2090	14,0	22,4	12,5	20,0
5	Кыштымский	345	413	131	1052	816	1705	2757	16,0	25,8	14,1	22,9
23а	Магнитогорский	32	42	13	92	57	144	237	12,8	21,0	9,43	15,5
14	Миасский	379	442	136	1128	902	1858	2986	18,2	29,2	16,5	26,4
1	Нязепетровский	710	925	312	1694	1037	2984	4678	13,3	20,9	12,7	19,8
21	Октябрьский	104	143	44	294	167	459	753	15,6	25,7	11,5	18,9
19	Пластовский	2719	184	480	1201	514	3898	5099	60,9	79,7	56,0	73,3
12	Саткинский	250	274	99	781	684	1307	2087	13,7	21,9	12,0	19,2
22	Троицкий	107	151	46	54	156	460	514	15,6	17,4	11,4	12,7
20	Увельский	157	217	67	124	276	718	842	19,7	23,2	19,0	22,3
18	Уйский	184	235	76	285	481	976	1261	19,0	24,6	17,7	22,9
10	Усть-Катавский	129	127	45	449	440	741	1190	15,6	25,0	14,4	23,2
2	Уфалейский	492	602	192	1524	1065	2351	3875	14,6	24,0	13,8	22,7
15	Чебаркульский	324	405	128	1102	819	1676	2778	20,7	34,3	19,0	31,5
16	Челябинский	654	208	62	409	206	1131	1540	37,5	51,0	26,1	35,5
24	Чесменский	102	136	42	290	173	454	743	14,9	24,4	12,1	19,8
25	Шершневский	104	149	45	289	142	439	728	20,1	33,3	19,1	31,7
	Итого	10 715	9584	3547	21 832	15 557	39 403	61 235	17,0	26,4	14,9	23,1
					Метод 2							
26	Анненский	194	197	57	112	38	487	598	6,42	7,89	3,95	4,85
7	Аргаяшский	209	228	64	84	16	516	601	8,16	9,49	7,10	8,26

Электронный архив УГЛТУ

9	Ашинский	599	552	224	258	171	1547	1805	7,29	8,51	6,61	7,71
27	Брединский	79	82	29	47	27	217	264	6,67	8,11	3,47	4,22
23	Верхнеуральский	188	198	59	93	44	489	581	8,78	10,4	8,13	9,67
17	Еткульский	187	207	61	78	26	481	559	9,04	10,5	8,62	10,0
13	Златоустовский	304	332	101	175	93	830	1006	6,97	8,44	6,36	7,70
3	Каслинский	314	325	96	210	84	818	1028	7,35	9,23	6,47	8,13
11	Катав-Ивановский	614	605	215	410	194	1628	2038	6,48	8,11	6,08	7,61
8	Красноармейский	284	318	85	94	69	757	851	9,58	10,8	7,38	8,30
4	Кунашакский	163	181	52	58	30	426	484	9,19	10,4	7,11	8,08
6	Кусинский	235	254	82	156	70	641	797	6,88	8,54	6,14	7,62
5	Кыштымский	292	300	95	202	82	769	971	7,19	9,08	6,38	8,06
23а	Магнитогорский	26	32	9	12	11	77,8	89,9	6,91	7,99	5,08	5,87
14	Миасский	321	304	100	245	67	791	1036	7,74	10,1	7,00	9,17
1	Нязепетровский	603	666	200	296	181	1650	1945	7,36	8,68	7,00	8,26
21	Октябрьский	86	98	26	31	26	236	267	8,05	9,11	5,92	6,71
19	Пластовский	187	192	62	113	58	499	612	7,80	9,56	7,17	8,80
12	Саткинский	212	220	73	149	78	584	734	6,14	7,71	5,38	6,76
22	Троицкий	87	101	26	31	27	242	273	8,20	9,25	6,00	6,76
20	Увельский	125	142	40	46	30	337	383	9,27	10,5	8,91	10,1
18	Уйский	147	170	54	69	38	410	479	7,99	9,34	7,45	8,71
10	Усть-Катавский	116	109	41	103	34	300	403	6,30	8,47	5,85	7,86
2	Уфалейский	417	442	133	281	127	1119	1400	6,94	8,67	6,55	8,19
15	Чебаркульский	261	275	85	138	59	681	818	8,40	10,1	7,72	9,28
16	Челябинский	117	128	33	41	25	303	345	10,0	11,4	6,99	7,94
24	Чесменский	84	96	26	36	27	233	269	7,64	8,82	6,20	7,17
25	Шершневский	82	92	24	28	19	217	244	9,90	11,2	9,44	10,6
	Итого	6534	6847	2152	3594	1753	17 286	20 880	7,46	9,02	6,53	7,89

Электронный архив УГЛТУ

Электронный архив УГЛТУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5

Глава 1. Методы получения экспериментальных данных о фитомассе насаждений . 12

1.1. Общие положения 12
1.2. Определение надземной фитомассы древостоев 14
1.2.1. Закладка пробных площадей 14
1.2.2. Методы отбора модельных деревьев на пробной площади 17
1.2.3. Обработка модельных деревьев на пробной площади 21
1.2.4. Расчет запасов надземной фитомассы древостоев на 1 га 30
1.2.5. Определение фитомассы нижних ярусов насаждений 35
1.3. Определение массы корней 36
1.3.1. «Археологический» метод – раскопка и отмывка скелетных корней модельного дерева (Тольский, 1904а; Модестов, 1915; Калинин, 1975; Le Goff, Ottorini, 2001) 42
1.3.2. Взрывной метод (Полякарпов, 1962; Whittaker, Woodwell, 1968; Whittaker et al., 1974) 49
1.3.3. Метод монолитов (King, 1892; Качинский, 1925; Колесников, 1962; Рахтеенко, Якушев, 1968) 50
1.3.4. Метод 2-стадийной оценки массы корней (Snowdon et al., 2002) 54
1.3.5. Метод А.Ф. Чмыра (1984) 56
1.3.6. Метод Н. Каризуми (1968) 58
1.3.7. Метод И.С. Крепкого (Усольцев, Крепкий, 1994) 59
1.3.8. Электрометрический метод Б.И. Якушева (1972, 1988) 61
1.3.9. Косвенные (расчетные) методы (Whittaker, Woodwell, 1968; Snowdon, 1992; Le Goff, Ottorini, 2001) 69
1.4. Неопределенности, связанные с оценкой фитомассы насаждений 74

Глава 2. Методы получения экспериментальных данных о первичной продукции насаждений 79

2.1. Методы первой группы 82
2.2. Методы второй группы 85
2.2.1. Первичная продукция древесины стволов 85
2.2.2. Первичная продукция коры стволов 86
2.2.3. Первичная продукция ветвей 86
2.2.4. Первичная продукция листвы 91
2.2.5. Первичная продукция корней 94
2.2.6. Первичная продукция нижних ярусов растительности 131
2.2.7. Обработка модельных деревьев на пробной площади 131
2.3. Неопределенности, связанные с оценкой первичной продукции насаждений ... 134

Глава 3. Лесные насаждения в экотопах Северной Евразии и их биологическая продуктивность 143

3.1. Развитие и современное состояние представлений об экотоне 144
3.1.1. Экотоны *лес–тундра* 146
3.1.2. Высотные экотоны 150

Электронный архив УГЛТУ

3.1.3. Экотоны *лес–степь* 165
3.1.4. Экотон как триггерная система 169
3.1.5. О динамике лесной растительности в экотонах Северной Евразии в прошлом и будущем 177
3.2. Биологическая продуктивность лесов вблизи экотонов Северной Евразии ... 192
3.2.1. Экотоны *лес–тундра* 193
3.2.2. Высотные экотоны 203
3.2.3. Экотоны *лес – степь* 216
3.2.3.1. Краткая характеристика районов и объектов исследования 219
3.2.3.2. Закономерности изменения надземной фитомассы в культурах и естественных сосняках по возрастному, эдафическому и густотному градиентам 228
3.2.3.3. Закономерности изменения первичной продукции в культурах и естественных сосняках по возрастному, эдафическому и густотному градиентам 238

Глава 4. База данных о биологической продуктивности насаждений Северной Евразии и некоторые ее приложения 248
4.1. Общие сведения 248
4.1.1. Несколько замечаний по сформированной базе данных о биопродуктивности насаждений 248
4.1.2. Принципы формирования и использования базы данных о биологической продуктивности лесов 249
4.1.3. Некоторые методы и результаты оценки запасов и годичного депонирования углерода на лесопокрытых площадях Евразии 255
4.1.4. Неопределенности, связанные с экстраполяцией данных биопродуктивности насаждений пробных площадей на покрытые лесом территории 261
4.2. Возрастная динамика и география биологической продуктивности насаждений некоторых древесных пород 266
4.2.1. Естественные сосняки 268
4.2.2. Культуры сосны 288
4.2.3. Естественные ельники 302
4.3. Депонирование углерода на лесопокрытых площадях Уральского региона .. 316
4.3.1. Расчет и картирование углеродного пула в насаждениях лесопокрытых площадей Уральского федерального округа 316
4.3.2. Расчет и картирование годичного депонирования углерода в насаждениях лесопокрытых площадей Уральского федерального округа 339

Заключение 354

Conclusion 359

Список литературы 364

Приложения 417
Приложения 1–4. Формы для заполнения результатов обработки модельных деревьев на пробных площадях 419
Приложение 5. Фактические значения фитомассы модельных деревьев на экотоне Тылайского Камня 426
Приложение 6. Эскизы таблиц хода роста надземной фитомассы культур сосны в абсолютно сухом состоянии для Урало-Тургайско-Западносибирского региона 427
Приложение 7. Квалиметрические показатели фитомассы модельных деревьев в культурах сосны южной тайги (Сухоложский лесхоз) 430
Приложение 8. Квалиметрические показатели фитомассы модельных деревьев в культурах сосны лесостепи (Саргатский лесхоз) 431

Электронный архив УГЛТУ

Приложение 9. Квалиметрические показатели фитомассы модельных деревьев в культурах сосны сухой степи (Семиозерный лесхоз) 435
Приложение 10. Таблица для оценки квалиметрических показателей, полученных путем табулирования уравнений (3.6), в культурах сосны южной тайги, лесостепи и сухой степи 442
Приложение 11. Эскизы таблиц хода роста естественных сосняков сухой степи (Семиозерный лесхоз) 445
Приложение 12. Таблица возрастной динамики первичной продукции по надземной фитомассе в культурах сосны разнотравного типа леса южной тайги (Суходожский лесхоз) 447
Приложение 13. Таблицы возрастной динамики первичной продукции культур сосны в лесостепи и сухой степи 448
Приложение 14. Таблица возрастной динамики первичной продукции естественных сосняков сухой степи (Семиозерный лесхоз) 451
Приложение 15. Дополнение к опубликованной ранее (Усольцев, 2001) базе данных о запасах фитомассы в абсолютно сухом состоянии в насаждениях Северной Евразии 453
Приложение 16. База данных о запасах фитомассы и первичной продукции лесообразующих пород Северной Евразии 524
Приложение 17. Расчетные возрастные тренды массообразующих показателей, фитомассы и ее годичного прироста для естественных сосняков Северной Евразии (по материалам базы данных) 598
Приложение 18. Расчетные возрастные тренды таксационных показателей, фитомассы и первичной продукции культур сосны Северной Евразии (по материалам базы данных) 606
Приложение 19. Расчетные возрастные тренды массообразующих показателей, фитомассы и первичной продукции еловых экосистем Северной Евразии (по материалам базы данных) 610
Приложение 20. Распределение лесопокрытых площадей, общих запасов и запасов на 1 га УрФО по административным образованиям и лесхозам .. 617
Приложение 21. Распределение общих и в расчете на 1 га запасов фитомассы на территории УрФО по административным образованиям и лесхозам . 620
Приложение 22. Распределение общей и в расчете на 1 га первичной продукции насаждений на территории УрФО по административным образованиям и лесхозам, рассчитанной по двум альтернативным методам 624

Электронный архив УГЛТУ

CONTENTS

Introduction 5

Chapter 1. Methods of obtaining biomass data on sample plots 12

1.1. Common information 12
1.2. Estimating aboveground forest biomass 14
1.2.1. Forest plot establishment 14
1.2.2. Methods of selecting sample trees on forest plots 17
1.2.3. Processing sample trees on forest plots 21
1.2.4. Calculating aboveground biomass per 1 ha of stand 30
1.2.5. Estimating understory biomass 35
1.3. Estimating underground forest biomass 36
1.3.1. Archaeological method – digging and washing tree coarse roots (Tol'skii, 1904a; Modestov, 1915; Kalinin, 1975; Le Goff, Ottorini, 2001) 42
1.3.2. Explosive method (Polikarpov, 1962; Whittaker, Woodwell, 1968; Whittaker et al., 1974) 49
1.3.3. Monolith method (King, 1892; Kachinskii, 1925; Kolesnikov, 1962; Rakhteenko, Yakushev, 1968) 50
1.3.4. Two-stage method of root biomass estimating (Snowdon et al., 2002) 54
1.3.5. Method by A.F. Tchmyr (1984) 56
1.3.6. Method by N. Karizumi (1968) 58
1.3.7. Method by I.S. Krepkii (Usoltsev, Krepkii, 1994) 59
1.3.8. Electrometric method (Yakushev, 1972, 1988) 61
1.3.9. Indirect methods (Snowdon, 1992; Whittaker, Woodwell, 1968; Le Goff, Ottorini, 2001) 69
1.4. Some uncertainties as related to forest biomass estimating 74

Chapter 2. Methods of obtaining *NPP* data on sample plots 79

2.1. Methods of the 1st group 82
2.2. Methods of the 2nd group 85
2.2.1. *NPP* of stem wood 85
2.2.2. *NPP* of stem bark 86
2.2.3. *NPP* of tree branches 86
2.2.4. *NPP* of tree foliage 91
2.2.5. *NPP* of tree roots 94
2.2.6. *NPP* of understory 131
2.2.7. Processing sample trees on forest plots 131
2.3. Some uncertainties as related to forest *NPP* estimating 134

Chapter 3. Forests on Northern Eurasia's ecotones and their biological productivity 143

3.1. Development and state of modern concepts upon ecotones 144
3.1.1. Forest-tundra ecotones 146
3.1.2. Altitudinal ecotones 150
3.1.3. Forest-steppe ecotones 165
3.1.4. Ecotone as a trigger system 169

Электронный архив УГЛТУ

3.1.5. On the dynamics of forests near Northern Eurasia's ecotones in the past and in the future 177
3.2. Forest biological productivity near Northern Eurasia's ecotones 192
3.2.1. Forest-tundra ecotones 193
3.2.2. Altitudinal ecotones 203
3.2.3. Forest-steppe ecotones 216
3.2.3.1. Short characteristics of the regions and objects studied 219
3.2.3.2. Regularities of aboveground biomass change in man-made and natural pine according to age, edaphic and density gradients 228
3.2.3.3. Regularities of aboveground *NPP* change in man-made and natural pine according to age, edaphic and density gradients 238

Chapter 4. Biological productivity database for Northern Eurasia's forests and some its applications 248

4.1. Common information 248
4.1.1. Some comments upon biological productivity database compiled 248
4.1.2. On principles of compiling and using forest biological productivity database .. 249
4.1.3. Some methods and results of estimating carbon pool and deposition on Eurasia's forested areas 255
4.1.4. Uncertainties as related to extrapolating biological productivity plot data on forested area 261
4.2. Age dynamics and geography of some forest species *NPP* 266
4.2.1. Natural pine 268
4.2.2. Pine plantations 288
4.2.3. Natural spruce 302
4.3. Annual carbon deposition in forest biomass on forested areas of the Ural Federal District 316
4.3.1. Estimating of the carbon pool in forest biomass on forested areas of the Ural Federal District and its mapping 316
4.3.2. Estimating of annual carbon deposition in forest biomass on forested areas of the Ural Federal District and its mapping 339

Conclusion in Russian 354

Conclusion in English 359

Literature cited 364

Appendix 417

Электронный архив УГЛТУ

Научное издание

Владимир Андреевич Усольцев

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ: МЕТОДЫ, БАЗА ДАННЫХ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Рекомендовано к изданию
ученым советом Ботанического сада
и НИСО УрО РАН

Редактор **К.И. Ушакова**
Технический редактор **Е.М. Бородулина**
Корректоры **Н.В. Каткова, Г.Н. Старкова**
Компьютерная верстка **Г.П. Чащиной**

ЛР № 020764 от 24.04.98 г.

НИСО УрО РАН № 64(06)–252. Сдано в набор 19.01.07. Подписано в печать 12.04.07. Формат 70×100 1/16. Бумага типографская. Печать офсетная. Усл. печ. л. 53,37. Уч.-изд. л. 54. Тираж 450. Заказ 93.

620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202.
Ботанический сад УрО РАН.

Оригинал-макет изготовлен в РИО УрО РАН.
620219, Екатеринбург, ГСП-169, ул. Первомайская, 91.

Отпечатано в типографии
«Уральский центр академического обслуживания».
620219, Екатеринбург, ул. Первомайская, 91.

УСОЛЬЦЕВ Владимир Андреевич

Доктор сельскохозяйственных наук профессор, заведующий лабораторией экологии и биопродуктивности растительных сообществ Ботанического сада Уральского отделения РАН и профессор Уральского государственного лесотехнического университета. Автор более 300 научных работ в области оценки и моделирования биологической продуктивности и структуры фитомассы лесов, в том числе монографий «Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев», Красноярск, 1985; «Рост и структура фитомассы древостоев», Новосибирск, 1988; «Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев», Екатеринбург, 1997; «Формирование банков данных о фитомассе лесов», Екатеринбург, 1998; «Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география», Екатеринбург, 2001; «Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии», Екатеринбург, 2002; «Фитомасса лесов Северной Евразии: предельная продуктивность и география», Екатеринбург, 2003; «Методы определения биологической продуктивности насаждений», Екатеринбург, 2005.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ