

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД  
В КЛИМАТИЧЕСКИХ ГРАДИЕНТАХ ЕВРАЗИИ  
(к менеджменту биосферных функций лесов)

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД В КЛИМАТИЧЕСКИХ ГРАДИЕНТАХ ЕВРАЗИИ

(к менеджменту биосферных функций лесов)



Caring for the Forest:  
Research in a Changing World

Электронный архив УГЛТУ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

\*

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК, УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
БОТАНИЧЕСКИЙ САД

**В. А. УСОЛЬЦЕВ**

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ  
ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД В КЛИМАТИЧЕСКИХ  
ГРАДИЕНТАХ ЕВРАЗИИ**

**(к менеджменту биосферных функций лесов)**

**ЕКАТЕРИНБУРГ 2016**

Электронный архив УГЛТУ

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ  
ЛЕСОВ ЕВРАЗИИ

BIOLOGICAL PRODUCTIVITY  
OF EURASIA'S FORESTS

Электронный архив УГЛТУ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF RUSSIAN FEDERATION  
URAL STATE FOREST ENGINEERING UNIVERSITY

\*

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, URAL BRANCH  
BOTANICAL GARDEN

**V. A. USOLTSEV**

**BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF FOREST-FORMING  
SPECIES IN EURASIA'S CLIMATIC GRADIENTS  
(as related to supporting decision-making processes in forest  
management)**

**YEKATERINBURG 2016**

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

Усольтцев В. А. Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016.

Предпринята первая попытка аналитически описать климатически обусловленные тренды четырёх показателей биологической продуктивности лесов: фитомассы насаждений, чистой первичной продукции (ЧПП), характеризующей интенсивность продукционного процесса, удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) как отношения ЧПП к фитомассе, представляющей удельную скорость продукционного процесса, и продуктивности ассимиляционного аппарата (ПАА), определяемой величиной ЧПП, приходящейся на единицу массы хвои (листья). На статистически значимом уровне выведены климатически обусловленные тренды названных показателей в пределах Евразии отдельно по каждому из тех древесных родов, которые максимально представлены на её территории как в широтном, так и в долготном направлениях. Использована сформированная автором база фактических данных фитомассы и ЧПП в количестве 8033 определений на лесных пробных площадях (Usoltsev, 2013). Из хвойных это - подрод 2-хвойных сосен (*Pinus*, или *Diploxylon*), *Picea* Dietr. (ель), *Abies* Mill. (пихта), *Larix* Mill. (лиственница), подрод 5-хвойных (кедровых) сосен, или кедров (*Haploxylon*), из лиственных - *Betula* L. (берёза), *Populus* L. (осина и тополя) и *Quercus* L. (дуб). Для лесных экологов и менеджеров биосферных функций лесов.

Usoltsev V. A. Biological productivity of forest-forming species in Eurasia's climatic gradients (as related to supporting decision-making processes in forest management). Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2016.

First attempt to analytically describe climatically induced trends of four indices of biological productivity: phytomass, net primary production (NPP), describing the intensity of the production process, specific net primary production (SNPP) as a relationship of the NPP to phytomass, representing specific speed of the production process, and production efficiency (PAA), as determined by the value of the NPP per unit mass of needles (foliage). Climatically induced trends of the mentioned indices within Eurasia separately for each of six wood genera, which are represented on its territory as in the latitudinal and longitudinal directions, are revealed on the statistically significant level. The biomass and NPP database formed by the author in a number of 8033 definitions on forest plots (Usoltsev, 2013) is used. From coniferous these are: 2-needled pines (*Pinus* or *Diploxylon*), *Picea* Dietr., *Abies* Mill., *Larix* Mill., 5-needled pines (*Haploxylon*), from deciduous: *Betula* L., *Populus* L. and *Quercus* L. The book is intended for forest ecologists and decision-making persons in the management of biosphere functions of forests.

Ответственный редактор

доктор биологических наук профессор С. Г. Шиятов

Рецензент

доктор сельскохозяйственных наук профессор С. В. Залесов

На обложке – «дерево жизни» в Олимпийском парке шт. Вашингтон, США ([http://together\\_info.livejournal.com/](http://together_info.livejournal.com/)).

ISBN 978-5-94984-562-2

© Усольтцев В.А., УГЛТУ

## ВВЕДЕНИЕ

В конце XIX в. В.В. Докучаевым (1899) 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, ограничивающая 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 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).

На климатическом саммите ООН в Париже в декабре 2015 года 196 стран приняли на себя обязательства сократить выбросы углекислого газа и не допустить повышения среднегодовой температуры более чем на 2 градуса к концу века. Лесным экосистемам, как поглотителям атмосферного углерода, отводится в названной перспективе важная роль. Способность лесов изымать из атмосферы углерод и продуцировать органическое вещество является основой их функционирования (Дылис, 1978). В настоящее время в мире активно совершенствуются технологии оценки углероддепонирующей функции лесного покрова, при этом наиболее остро стоит проблема нехватки эмпирической информации о биологической продуктивности лесных фитоценозов (насаждений), полученной на пробных площадях (ключевых участках). Экспериментальные данные о биологической продуктивности лесов имеют первоочередное значение для оценки их роли в глобальных биосферных циклах. А.И. Уткин (2003) рассматривает изучение биологической продуктивности экосистем как основополагающее экологическое направление прошлого столетия и как предтечу и составную часть современного научного направления – углеродный цикл биосферы.

Первый российский эколог Н.В. Тимофеев-Ресовский (1968), рассматривая способы повышения продуктивности биосферы, подчеркивал, что для начала «нужно точно инвентаризовать наше живое окружение» (С. 12). 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) исследователям 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).

В 1960-х гг. в результате реализации Международной биологической программы (МБП) был осуществлен настоящий прорыв в этом направлении, и по многим лесорастительным биомам была впервые получена ранее отсутствовавшая информация. В настоящее время 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 являются и будут важнейшими до тех пор, пока требуются решения по таким проблемам, как глобальные изменения, устойчивое развитие и сохранение биоразнообразия (Jiang et al., 1999).

Понятие *биологическая продуктивность* включает в себя несколько взаимосвязанных составляющих, и к ним можно отнести следующие: (1) *фитомасса* лесного насаждения, выраженная в тоннах абсолютно сухого вещества на 1 га, (2) *чистая первичная продукция (ЧПП), или net primary production (NPP)* - количество фитомассы, произведенной насаждением на единице площади в единицу времени, (3) *удельная чистая первичная продукция (УдЧПП)* как отношение ЧПП к величине фитомассы, выражаемое в относительных единицах или в процентах (Уткин и др, 2004; Гульбе и др., 2010) и (4) *продуктивность ассимиляционного аппарата (ПАА)*, определяемая величиной ЧПП, приходящейся на единицу массы ассимиляционного аппарата (Burger, 1929, 1935, 1937, 1945, 1947, 1948, 1940, 1941, 1942, 1950, 1951, 1952, 1953; Санников, 1965; Габеев, 1990).

**Фитомасса насаждения.** В литературных источниках сегодня наиболее представлены материалы по фитомассе (биомассе) растительного покрова, включающей массу живых фракций (ствол, хвоя-листва, ветви, корни, нижние ярусы) в абсолютно сухом состоянии. Фитомасса и мортмасса (отмершая фитомасса) совокупно именуется органической массой фитоценоза.

**Чистая первичная продукция насаждения.** ЧПП характеризует интенсивность продукционного процесса (Базилевич, Титлянова, 2008). Положение ЧПП в продукционной иерархии лесных сообществ показано на **рис. 1**. Продукция наземных растительных сообществ подразделяется на четыре категории – *общая первичная (GPP)*, *чистая первичная (ЧПП, или NPP)*, *чистая экосистемная (NEP)* и *чистая биомная (NBP)*.

Под общей, или валовой (брутто) первичной продукцией (GPP) понимается общее количество вещества, создаваемое в процессе фотосинтеза на единице площади в единицу времени. NPP представляет разность между GPP и потерями на дыхание; NEP – разность между NPP и результатом разложения органики; NBP – разность между NEP и потерями органического вещества вследствие экологических катастроф. В нашем исследовании мы уделяем внимание лишь второй категории (см. рис. 1) – чистой первичной продукции (ЧПП, или NPP) насаждений, оцениваемой на лесных пробных площадях.

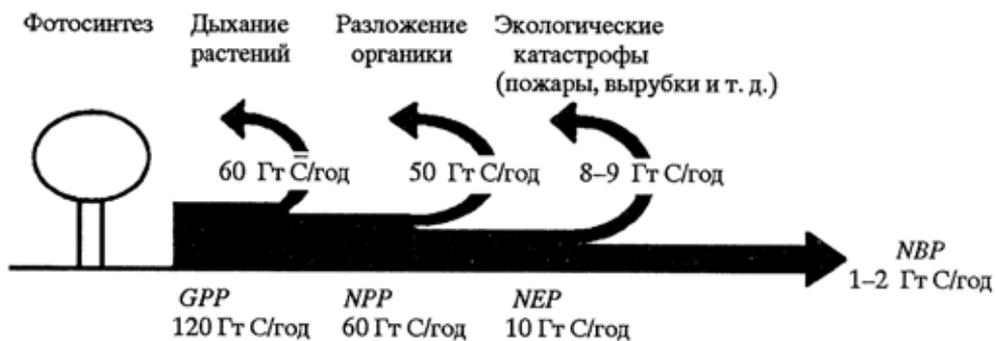


Рис. 1. Соотношение различных категорий глобальной годичной продукции в наземных растительных сообществах (Schulze et al., 2004).

**Удельная чистая первичная продукция насаждения.** УдЧПП представляет удельную скорость продукционного процесса и показывает, как быстро «работает» (фотосинтез, дыхание) или «превращается» (минерализация, гумификация) единица массы органического вещества (Базилевич, Титлянова, 2008). УдЧПП – это одна из важнейших характеристик функционирования лесных экосистем, а ее обратная величина (отношение фитомассы к ЧПП) показывает, за какое время поток ЧПП создает наличный запас фитомассы (Одум, 1975; Keeling, Phillips, 2007; Базилевич, Титлянова, 2008). УдЧПП, в отличие от ЧПП, представляет собой относительный показатель, а таковые в ряде случаев предпочтительнее использовать в целях всесторонней характеристики лесных сообществ. Они обычно более стабильны, чем абсолютные, и по сравнению с последними позволяют выявить общие (видоспецифич-

ные) закономерности продукционного процесса и его возрастной динамики в лесных экосистемах (Гульбе и др., 2010).

**Продуктивность ассимиляционного аппарата (ПАА)**, определяемая величиной ЧПП, приходящейся на единицу массы ассимиляционного аппарата, как и ЧПП и УдЧПП, является важной характеристикой продукционного процесса. Поскольку эта характеристика связана с процессами ассимиляции и фотосинтеза, первые ее исследования проводились физиологами растений (Boysen Jensen, 1932). Установлено, что ПАА изменяется с возрастом и в широком диапазоне экологических условий.

Для мирового научного сообщества изучение структуры и климатической обусловленности фитомассы, ЧПП, УдЧПП и ПАА лесов является одним из наиболее приоритетных направлений. Реализации подобной задачи на примере насаждений основных лесобразующих пород, произрастающих на евразийском материке, посвящено настоящее исследование. В основу исследования положен системный подход в виде его простейшей реализации – метода многофакторных регрессионных уравнений. В некоторых главах они представлены в виде рекурсивной системы, согласно которой независимые переменные предыдущего выступают в роли зависимых переменных в последующих уравнениях (Дрейпер, Смит, 1973).

## ГЛАВА 1. БАЗА ДАННЫХ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ ЕВРАЗИИ

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 достаточно репрезентативные ключевые участки леса, предназначенные для закладки пробных площадей с целью исследования их биопродуктивности, называют представительными насаждениями (Маринов и др., 1983; Нинов, 1986). Усредненные по регионам показатели биопродуктивности в таком случае являются характеристиками некоторых «фоновых» групп типов леса.

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).

Методы определения биологической продуктивности насаждений варьируют существенно. Одни из них довольно точны, но неприемлемо трудоемки, другие, напротив, легко реализуемы, но не обеспечивают необходимой точности. Сегодня лесная экология испытывает особый дефицит данных о фитомассе и первичной продукции корней древостоя, особенно тонких, определяющих наряду с листовым аппаратом его продукционный потенциал. Вследствие чрезвычайно высокой 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. Обзор и элементы синтеза современных методов определения биологической продуктивности насаждений на пробных площадях были представлены в специальной монографии ранее (Усольцев, 2007).

Базы данных о фитомассе и ЧПП фитомассы лесов дают уникальные возможности для анализа географии продуктивности лесных экосистем (Luo et al., 2014). После завершения работ по Международной биологической программе (МБП) было опубликовано несколько сводок по биологической продуктивности лесных насаждений, из них две были выполнены на глобальном уровне, являются наиболее полными и включают в себя 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 ЧПП - The Global Primary Production Data Initiative (GPPDI), курируемая четырьмя организациями:

Национальной лабораторией Оак Ридж и Университетом шт. Мэриленд (США), Биосферным центром в Тулузе (Франция) и Институтом по исследованию климатических изменений в Потсдаме (Германия). Основная цель «Инициативы GPPDI» – заполнить огромные “белые пятна” в имеющихся базах данных о ЧПП наземных экосистем и получить корректные значения ЧПП хотя бы по ключевым участкам основных типов растительного покрова (Scurlock et al., 1999). Основу создаваемой базы данных о ЧПП составили имеющиеся материалы по травянистым растениям, а также 117 определений ЧПП древесных растений, полученных в ходе МБП. В 1997 г. база была дополнена материалами по тропическим и бореальным лесам, а также данными 762 пробных площадей, 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](http://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 ЧПП (Gill, Jackson, 2000), о детритах (Vogt et al., 1986), о 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 фитомассе и ЧПП лесных экосистем России и бывшего СССР. База данных Н.И. Базилевич (1993) включает в себя 2500 определений, выполненных в наземных экосистемах (не только лесных), но не сопровождается необходимой таксационной характеристикой древостоев. Компьютерная база данных о фитомассе и ЧПП лесных экосистем России и бывшего СССР (535 пробных площадей) сформирована в Институте лесоведения РАН (Замолотчиков и др., 2003), но находится лишь в личном пользовании их составителей.

В 2001-2003 гг. автором опубликована трилогия под общим названием “Фитомасса лесов Северной Евразии”, включающая в себя базу данных из 5085 определений фракционного состава фитомассы насаждений (т/га) на территории от Великобритании до Японии (50 экорегионов), а также некоторые приложения, разработанные на ее основе (Усольцев, 2001, 2002, 2003). Позднее она была дополнена (Усольцев, 2007, 2010) и в окончательном виде опубликована в электронном варианте на английском языке (Usoltsev, 2013). В нее вошли данные как о фитомассе (более 8 тыс. пробных площадей), так и о ЧПП и фитомассе (около 2600 пробных площадей). Этот последний вариант базы данных использован в настоящем исследовании структуры фитомассы, ЧПП, УдЧПП и ПАА лесов Евразии в трансконтинентальных климатических градиентах.

В базу данных включены показатели фитомассы не только собственно древостоя, но и нижнего яруса как совокупности подлеска, подроста и почвенного покрова. Наличие или отсутствие каждой из перечисленных со-

ставляющих нижнего яруса определяется многими факторами, которые в базе данных учесть не представляется возможным. Кроме того, не все исследователи ставили целью учесть все составляющие нижнего яруса, тем более с разделением их фитомассы на надземную и подземную. Последняя часто игнорировалась или включалась в фитомассу корней древостоя. Поэтому в базу данных введен один показатель, объединяющий фитомассу подлеска, подроста и напочвенного покрова.

Ранее (Усольцев, 2007; Usoltsev, 2007) были проанализированы методические неопределенности, связанные с формированием базы данных о биопродуктивности насаждений, которые снижают надежность результатов при ее использовании. Тем не менее, для основных древесных пород Евразии нами собрана наиболее представленная на сегодня база данных.

Для древесных пород (родов), характеризующихся широкими адаптационными возможностями и произрастающих как в благоприятных, так и в жёстких климатических условиях: двухвойные сосны (подрод *Pinus* L.), лиственницы (*Larix* Mill.), кедры (пятихвойный подрод *Haploxyton* (Koehne) Pilg.), ели (*Picea* A.Dietr.), пихты (*Abies* Mill.), берёзы (*Betula* L.), осина и тополи (*Populus* L.) и дубы (*Quercus* L.), появляется возможность получить статистически значимые трансконтинентальные закономерности изменения их фитомассы, ЧПП, УдЧПП и ПАА по основным климатическим градиентам.

## ГЛАВА 2. ТРАНСКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ГРАДИЕНТЫ ФИТОМАССЫ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЕВРАЗИИ

### 2.1. Общие замечания

Известно, что структура и функционирование лесного покрова полностью определяются условиями внешней среды. Г.Ф. Морозов (1931) писал: “Все стороны жизни леса как сложного организма, как социального целого – и степень энергии борьбы за существование, и степень изменения обстановки под пологом, и соотношение между породами, и характер живого и мертвого почвенного покрова, рост, плодоношение и возобновление леса... – все это находится под железной властью окружающих местных или, лучше сказать, географических условий среды” (С. 88-89).

Применительно к лесному покрову его потенциальная продуктивность может быть оценена по совокупности произвольно выбранных климатических факторов, находящихся в априорно установленных соотношениях (Усольцев, 2003). Под *потенциальной продуктивностью* лесных экосистем А.И. Уткин (1975) понимает “возможные размеры продуцирования органического вещества в зависимости от гидротермических условий климата отдельных регионов” (С. 23). В разных экорегионах уровень потенциальной продуктивности определяется специфическими вкладами солнечной радиации, температуры, влажности и других факторов.

Совершенно новый, глобальный подход к изучению растительного мира как единого целого в масштабах всей планеты первым применил на практике погибший в сталинских застенках русский учёный Николай Иванович Вавилов (1887-1943). «Великим сеятелем» назвал его писатель-публицист Г. Голубев. В 1926—1927 годах он совершил экспедицию по странам Средиземноморья. Исследовательские работы им были проведены в Алжире, Тунисе, Марокко, Ливане, Сирии, Палестине, Трансиордании, Греции, Италии, Сицилии, Сардинии, Крите, Кипре, южной части Франции, Испании, Португалии, затем во Французском Сомали, Абиссинии и Эритрее. На обратном пути Н.И. Вавилов ознакомился с земледелием в горных районах Вюртемберга (Германия). Караванные и пешие маршруты в этой экспедиции составили около 2 тысяч километров. Семенной материал, собранный Н.И. Вавиловым, исчисляется тысячами образцов (Витковский, Чувашина, 1987). Н.И. Вавилов является автором закона гомологических рядов в наследственной изменчивости, им впервые были выявлены центры происхождения культурных растений (рис. 2.1). Сегодня вклад Н.И. Вавилова в биологическую науку расценивают наряду с вкладом Ч. Дарвина, Г. Менделя, К. Линнея, А. Декандоля.



Рис. 2.1. Центры происхождения культурных растений:

1. Центральноамериканский, 2. Южноамериканский, 3. Средиземноморский, 4. Переднеазиатский, 5. Абиссинский, 6. Среднеазиатский, 7. Индостанский, 7А. Юговосточноазиатский, 8. Восточноазиатский (Harlan, 1995).

Согласно представлениям А.Н. Тюрюканова и В.М. Федорова (1996), не только климат, но и почва является одним из определяющих факторов энергообеспечения растительного покрова. После В.В. Докучаева сопряженное влияние климата и почвы на зональность растительного покрова суши было детально проанализировано и раскрыто Г. Люндегордом (1937). В.Р. Волобуев (1945, 1947) вводит понятия *почвенно-климатических* и *фитоклиматических ареалов* суши и показывает их сопряженность в координатах термо- и гидро-рядов (рис. 2.2). Фитоклиматическую систему он основывает на предложении академика В.Л. Комарова. Обобщив обширные материалы, В.Л. Комаров (1921) разработал учение о меридиональной зональности растительного покрова, которая дополняет широтную зональность и должна учитываться при выделении биогеографических областей. В.Л. Комаров различает на крупных континентах два типа флор: приокеанские, вытянутые полосой вдоль побережий, и континентальные, развивающиеся в отдалении от первых. Пересекаясь с известными семью широтными поясами, они дают на пространствах Старого и Нового Света 42 флористических округа, каждый со своим климатом, почвой, своим эндемизмом растений и преобладающим типом растительного покрова.

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. Эти отличия обуславливают взаимодействие воздушных потоков, вследствие чего формируются климаты с разной степенью континентальности, переходные между морским и континентальным (Полозова, 1954).

Сказанное можно проиллюстрировать картой распределения годового прироста древесного запаса ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) сосны обыкновенной на территории Евро-

пы (рис. 2.3), составленной на основе климатического индекса С. Патерсона (Paterson, 1956). Видно, что по 25-му меридиану прирост в направлении с севера на юг возрастает с 0-3 до 3-6, а по 50-й параллели в направлении от атлантического побережья вглубь материка снижается последовательно с 6-9 до 0-3 м<sup>3</sup>/га. П. Инесон с соавторами (Ineson et al., 1984) дают следующий комментарий данной картине: «Годичный прирост стволового запаса сосняков косвенно связан с географической широтой, но этот градиент модифицируется влиянием морского климата на продуктивность лесов прибрежных территорий» (с. 315).

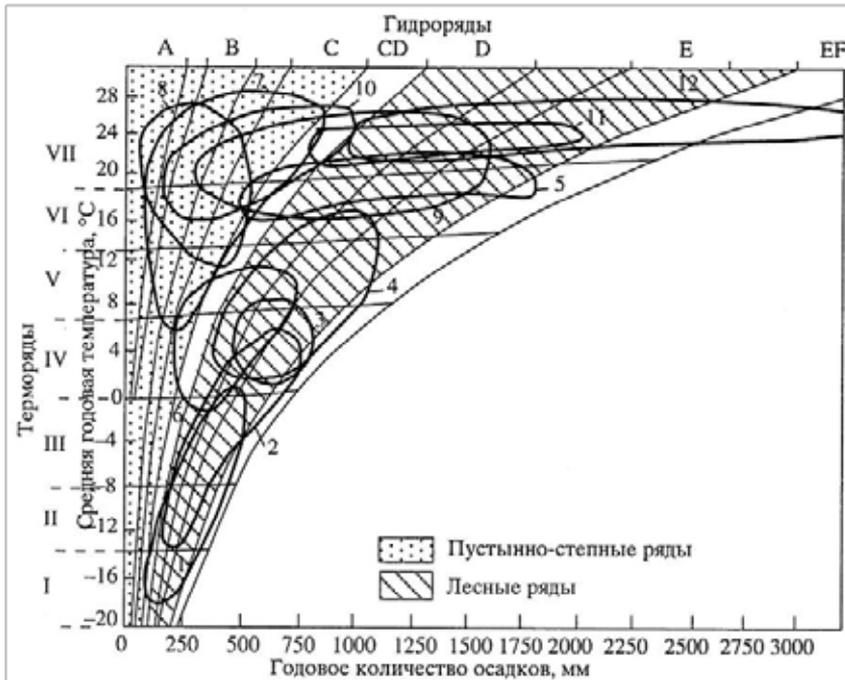


Рис. 2.2. Схема распределения почвенно-климатических и фитоклиматических ареалов суши в координатах термо- и гидрорядов (Волобуев, 1947).

Гидроряды (и соответствующие им почвенные гидротипы): *A* – экстрааридный (пустынный); *B* – аридный (сероземный); *C* – семиаридный (каштановый); *D* – семигумидный (черноземный); *E* – гумидный (подзолистый); *F* – пергумидный (глеево-подзолистый).

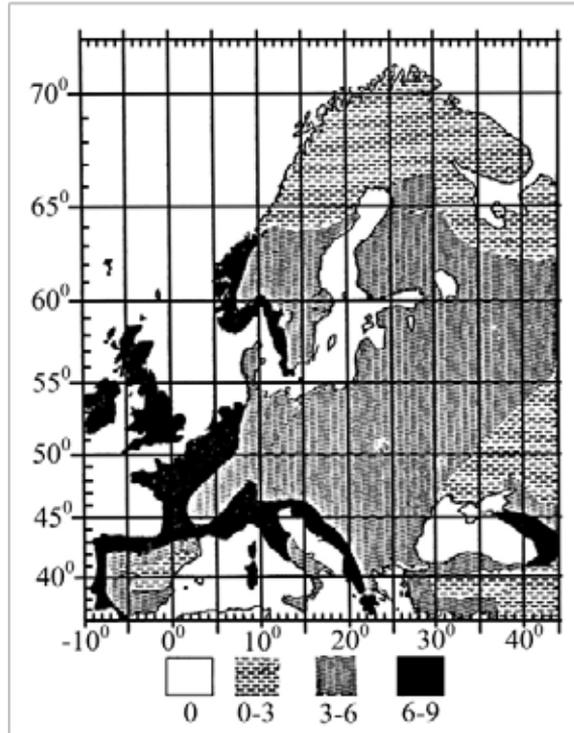
Терморяды: *I* - арктический, *II* - субарктический, *III* - умеренно холодный, *IV* - умеренный, *V* - умеренно теплый, *VI* - субтропический, *VII* - тропический.

*1* – тундры; *2* – хвойные леса; *3* – смешанные хвойно-широколиственные леса; *4* – лиственные леса, сбрасывающие листву на зиму; *5* – вечнозеленые леса тропиков и субтропиков; *6* – степи, прерии и пампасы; *7* – полупустыни; *8* – пустыни; *9* – саванны; *10* – тропические редколесья и кустарники; *11* – тропические леса, сбрасывающие листву на сухое время года; *12* – гилеи.

Л.Р. Холдриджем (Holdridge, 1947, 1967) все наземные растительные формации планеты подразделены на 116 «зон жизни» и представлены в виде треугольной схемы (рис. 2.4) с тремя входами: среднегодовая температура (биотемпература), годовые осадки и эвапотранспирация, определяемая как сумма осадков за вычетом стока и фильтрации или как суммарная величина

эвапорации (испарения) и транспирации. По мнению автора, температура и атмосферные осадки играют ключевую роль в функционировании растительности, хотя в пределах каждой климатической зоны могут оказывать воздействие на растения и другие факторы среды (тип почвы, экспозиция).

Рис. 2.3. Карта распределения потенциального годовичного прироста древесного запаса ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) на территории Европы, составленная на основе климатического индекса С. Патерсона (Paterson, 1956; Ineson et al., 1984). Номер меридиана с знаком (-) означает западную долготу. Цифрами в экспликации обозначен годичный прирост запаса,  $\text{м}^3/\text{га}$ .



Границы между зонами влажности определяются критическими отношениями количества осадков и потенциальной эвапотранспирации, а последняя зависит от температуры. Поэтому зоны влажности связывают температуру и количество осадков с потребностями растений в влаге: в тундре при годовом количестве осадков 25 см и средней температуре около нуля количество доступной растениям влаги соответствует той, что имеется во влажном тропическом лесу с годовым количеством осадков 400 см и средней температурой  $+27^{\circ}\text{C}$ . В графической модели Л.Р. Холдриджа различия между растительными формациями определяются относительными (в процентах) различиями их климатических условий. Температура или количество осадков в каждой зоне либо вдвое больше, либо вдвое меньше, чем в соседней зоне.

Поэтому разница осадков в 25 см для аридных территорий эквивалентна разнице в 250 см для гумидных тропиков. Температурную шкалу Л.Р. Холдридж обосновывает тем, что биологическая активность прекращается при температуре ниже нулевой. Поэтому при расчете среднегодовой температуры зимние минусовые температуры приняты равными нулю. Поскольку малые повышения температуры оказывают на биосистемы более сильное воздействие в диапазоне низких, а не высоких температур, температурные границы «зон жизни» определены на уровнях 1,5; 3; 6; 12 и  $24^{\circ}\text{C}$  с таким расчетом, чтобы в каждой зоне температура была вдвое выше предыдущей. Это согласуется с явлением повышения скорости испарения и биологической активности в связи с повышением температуры.

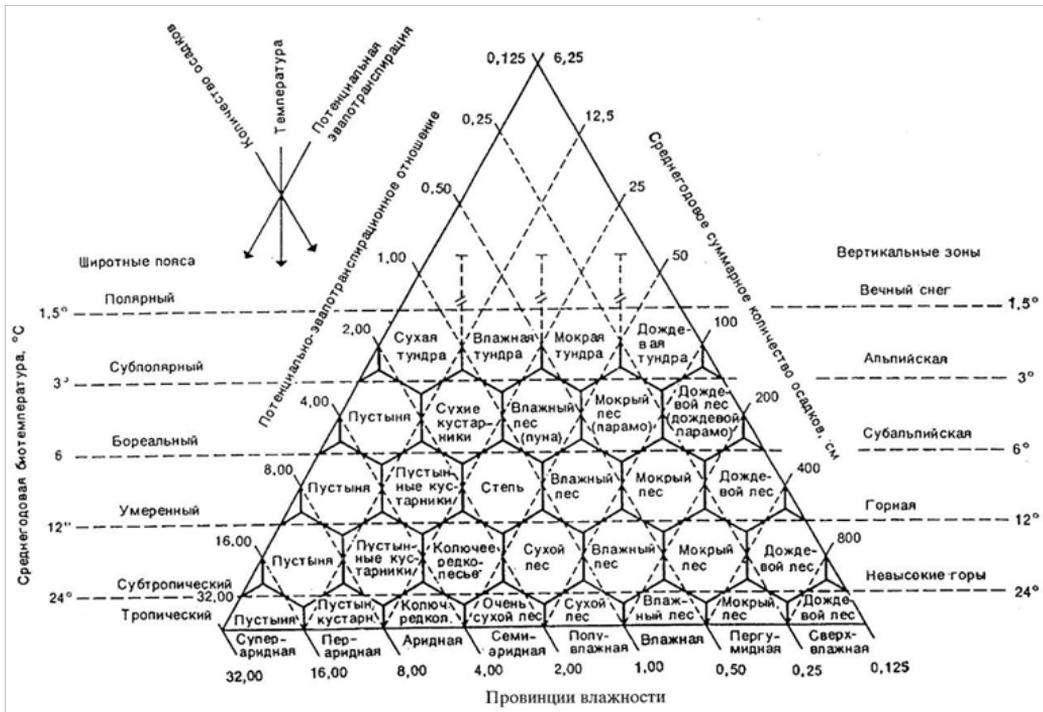


Рис. 2.4. Схема классификации растительных формаций земного шара (Holdridge, 1967). Среднегодовая биотемпература вычисляется по среднемесячным температурам, из которых значения ниже точки замерзания принимаются за 0°C. Потенциально-эвапотранспирационное отношение (отношение потенциальной эвапотранспирации к количеству осадков) возрастает от влажных областей к засушливым.

По поводу схемы Л.Р. Холдриджа есть мнение Р. Риклефса (1979), согласно которому, несмотря на ее ориентировочный характер и игнорирование некоторых существенных факторов, «есть все основания полагать, что климатические системы классификации жизненных зон выявляют всестороннее влияние температуры и влажности на растительные формации» (С. 83). Кроме того, схема отличается формальной корректностью, простотой и логикой оформления.

Основная неопределенность при оценке влияния различных факторов на уровень потенциальной продуктивности растительного покрова состоит в том, что в природе факторы всегда действуют не порознь, а совместно и одновременно с другими. Поэтому влияние одних факторов часто маскируется действием других – явление так называемой мультиколлинеарности (Rübel, 1935; Ярошенко, 1950). Хотя потенциальная продуктивность фитоценозов определяется в первую очередь климатическими факторами, но косвенно учитываются и эдафические, даже если они не входят в модель, поскольку почва является функцией нескольких почвообразователей, в том числе и климата (Карпачевский, 1981).

Первые попытки связать продуктивность лесных насаждений с климатическими факторами (Weck, 1954, 1955, 1960, 1970; Paterson, 1956, 1962)

были выполнены на глобальном уровне. И. Век и С. Патерсон скоррелировали фактическую продуктивность лесов с климатическим индексом, представляющим собой интегральный показатель, в который в мультипликативной форме включены несколько климатических факторов.

Известны несколько формул интегральных (комплексных) климатических индексов. В частности, формула И. Века (Weck, 1955):

$$i = [Pn / (T+10)92][(z-60)/100], \quad (2.1)$$

где  $P$  – осадки мая-июля, мм;  $T$  – средняя температура воздуха в мае-июле, °C;  $n$  – число дней с осадками  $\leq 0,1$  мм в мае-июле;  $z$  – число дней в году с положительными средними температурами; 60 – минимальное число дней с положительными температурами, необходимое для роста деревьев.

Индекс С. Патерсона (Paterson, 1956, 1962) определяется формулой:

$$CVP = (T_v PG E)/(12 T_a)100, \quad (2.2)$$

где  $T_v$  – средняя температура самого теплого месяца, °C;  $T_a$  – амплитуда температур самого теплого и самого холодного месяцев, °C;  $P$  – годовое количество осадков, мм;  $G$  – продолжительность периода с температурами  $\geq 7^\circ\text{C}$ , мес.;  $E$  – коэффициент эвапотранспирации.

Известен также индекс Ж. Пардэ (Pardé, 1961):

$$i = \Delta TSP (G-2) / (T_v-10), \quad (2.3)$$

где  $\Delta T$  – максимальная амплитуда суточных температур в течение вегетационного периода, °C;  $S$  – средняя продолжительность дня в период вегетации, ч.;  $P$  – годовое количество осадков, мм;  $G$  – продолжительность вегетационного периода, мес.;  $T_v$  – средняя температура самого теплого месяца в десятках °C.

Климатические факторы, включенные в интегральный индекс, делятся на две группы: те, что увеличивают продуктивность лесного покрова, включаются в числитель, а те, что снижают ее – в знаменатель. Солнечная радиация не вошла в формулы интегрального климатического индекса по причине связи ее с температурой и эвапотранспирацией.

Климатический индекс И. Века (Weck, 1954, 1955) представляет собой отношение летних осадков к средней летней температуре воздуха, скорректированное на число дней с минимальными осадками в летние месяцы и на число дней с положительными температурами. В качестве показателя продуктивности И. Век взял средний годичный прирост стволовой древесины лесообразующих пород по 29 регионам Германии, выраженный в тоннах абсолютно сухого вещества на 1 га. Для расчета потенциальной продуктив-

ности насаждений по отдельным регионам Германии И. Веком использована связь климатического индекса с приростом древесины, характеризуемая коэффициентом корреляции 0,743.

С.С. Патерсон установил диапазон индексов в пределах от 25 на севере лесной зоны до 30 000 для тропиков. Среднегодовая продуктивность по стволовой древесине скоррелирована С.С. Патерсоном с логарифмом климатического индекса и описана линейной регрессией (рис. 2.5), согласно которой бореальный лес продуцирует до 3, а тропический дождевой лес - более 15 м<sup>3</sup>/га в год древесины.

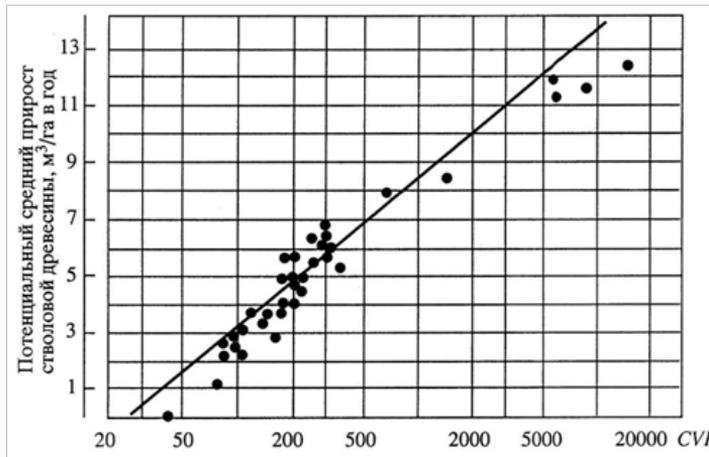


Рис. 2.5. Глобальная зависимость потенциального среднего прироста стволовой древесины от климатического индекса CVP (Paterson, 1956).

В упомянутых первых попытках комплекс климатических показателей объединён в одном интегрированном индексе в предположении, что вклады всех факторов одинаковые. Действительно, если перевести мультипликативную форму выражений климатического индекса в аддитивную путем логарифмирования, то получаем константы при всех переменных, равные 1. Фактически все обстоит гораздо сложнее (Усольцев, 2003), и формула климатического индекса стала «давать сбой» при ее использовании в различных регионах. Например, согласно карте потенциальной продуктивности С. Патерсона (Paterson, 1956) почти вся территория России характеризуется продуктивностью 0-3 м<sup>3</sup>/га (рис. 2.6).

Под моделированием потенциальной продуктивности лесного покрова понимается установление адекватной зависимости показателя продуктивности от одной или нескольких ортогональных (или условно ортогональных) территориально «привязанных» климатических переменных с учетом обоснованного вклада каждой из них в оценку искомого показателя. Факторы, входящие в формулу климатического индекса, должны быть, во-первых, ортогональными (не взаимосвязанными) и, во-вторых, связь каждого из них с продуктивностью должна быть биологически и экологически обоснована (Усольцев, 2003).

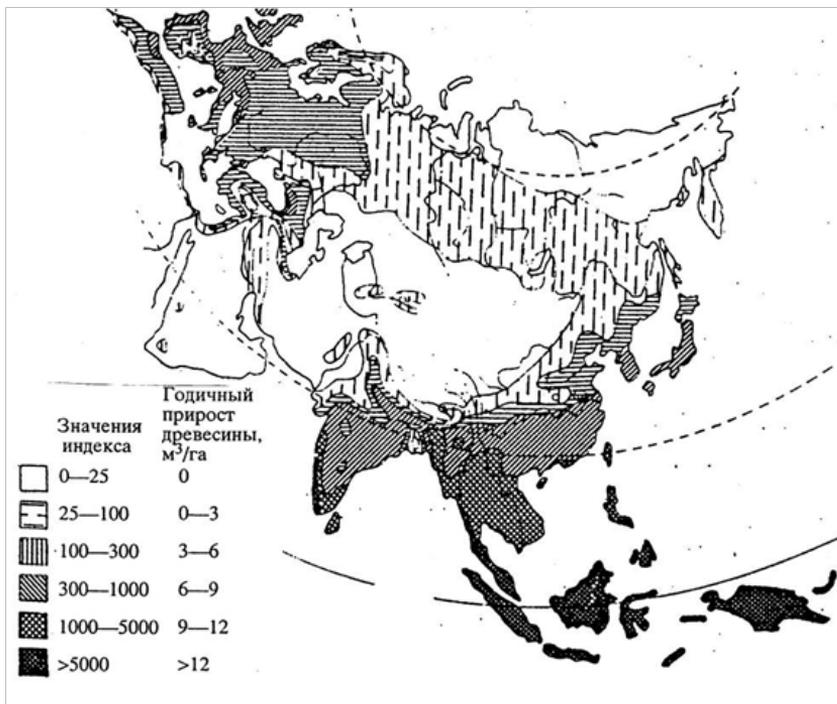


Рис. 2.6. Карта-схема потенциальной продуктивности лесов Евразии, рассчитанной по климатическому индексу С. Патерсона (Paterson, 1956).

Приведённые результаты исследований продуктивности лесного покрова в связи с климатическими показателями в виде карт-схем применимы к совокупностям насаждений, обезличенным по породному составу и морфоструктуре. Когда же при составлении карт-схем территориального распределения фитомассы и ЧПП стали привлекаться данные Государственного учёта лесного фонда (ГУЛФ), т.е. стали учитываться породный состав и основные массообразующие характеристики древостоев, то обнаружилось существенные смещения, как со знаком «+», так и со знаком «-».

Например, фитомасса на 1 га на карте-схеме Н.И. Базилевич и Л.Е. Родина (1967) оказалась завышенной по отношению к тому же показателю на карте-схеме В.А. Усольцева (2007) для подзон северной, южной и средней тайги в среднем в 3 раза, а для Башкирии и Оренбуржья, напротив, занижена соответственно в 6 и 10 раз (Усольцев и др., 2010).

Биологическая продуктивность лесного насаждения определяется несколькими факторами: онтогенетическим, ценогенетическим, эдафическим и др. Одними лишь климатическими факторами она может определяться только в первом приближении. Например, изменчивость фитомассы насаждений на территории России объясняется двумя климатическими факторами – суммой положительных дневных температур и индексом влажности – на 26% и с учетом породного состава – на 34%, а изменчивость годового прироста фитомассы – соответственно на 20 и 28% (Krankina et al., 2005).

В период развернутых исследований лесов по Международной Биологической Программе (МБП) часто имело место локальное сопоставление их биопродуктивности по двум, реже - трем регионам. Например, при исследовании биопродуктивности светлохвойных лесов Якутии констатировалось: «Фитомасса лиственничников и сосняков в общих чертах мало отличается от величины фитомассы хвойных лесов севера лесной зоны» (Поздняков, 1967. С 37). Такая же неопределенность была характерной для березняков: «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). При ограниченном материале и недостаточно полном учете экологических фонов и, главное, возрастной и морфологической изменчивости сопоставляемых насаждений установление значимых различий их биопродуктивности в 1960-1970-е гг. было невозможно.

Сегодня известно, что основные изменения растительного покрова происходят как в широтном направлении вследствие изменения интенсивности солнечной радиации (рис. 2.7) (Лавренко и др., 1955; Григорьев, Будыко, 1956; Базилевич, Родин, 1967; Будыко, Ефимова, 1968; Львов, Ипатов, 1973; Загрев, 1978; Тябера, 1988; Габеев, 1990; Palumets, 1991; Усольцев, 1998), так и в меридиональном (от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии) в результате изменения континентальности климата и влагообеспечения (рис. 2.8) (Комаров, 1921; Волобуев, 1947; Курнаев, 1973; Назимова, 1995; Санников и др., 2012). Однако в изменении продуктивности лесного покрова в меридиональном направлении предложены взаимоисключающие закономерности (Будыко, Ефимова, 1968; Тябера, 1988).

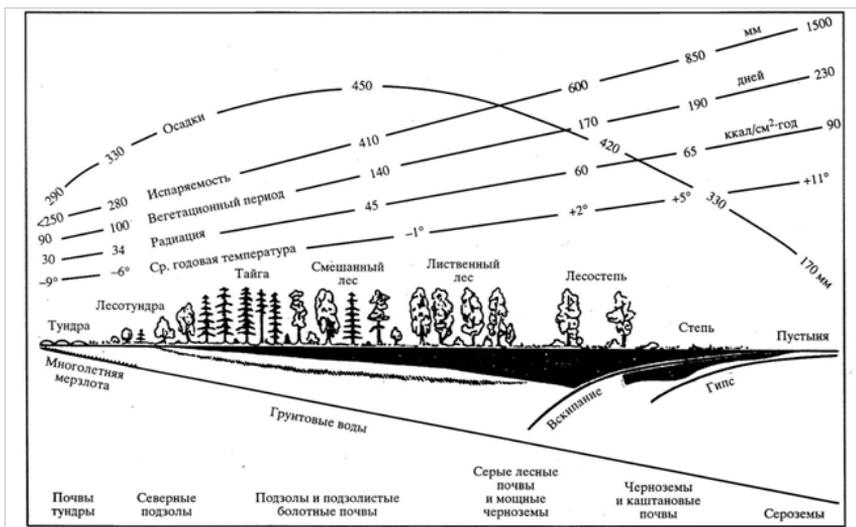


Рис. 2.7. Схема изменения растительности, климата и почв на зональном профиле европейской России (Вальтер, 1975).

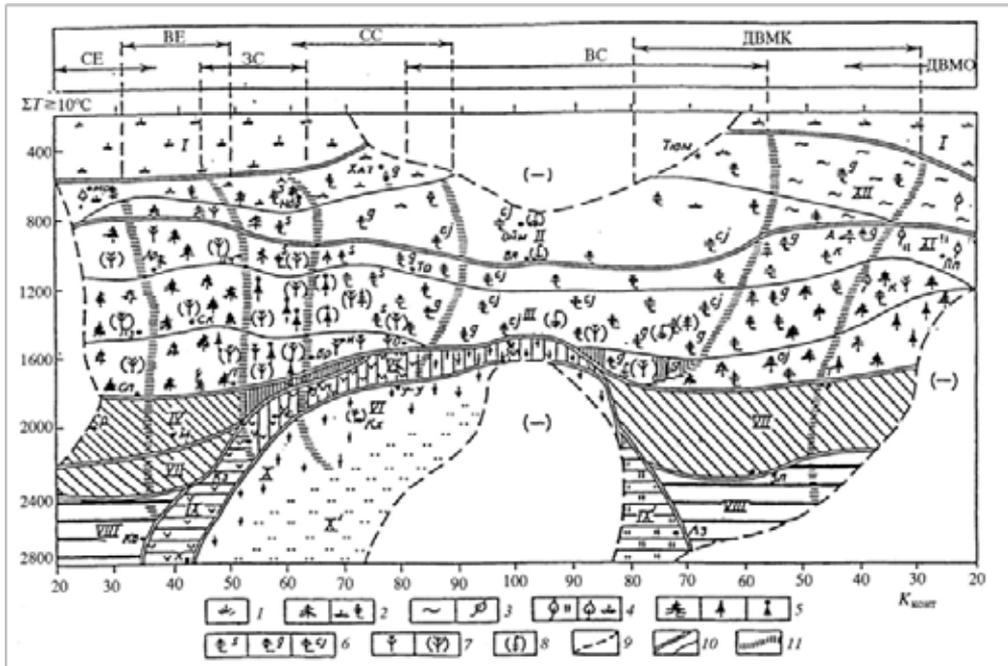


Рис. 2.8. Лесорастительные зоны Северной Евразии на осях континентальности ( $K_{\text{конт}}$ ) – теплообеспеченности ( $\Sigma T \geq 10^\circ$ ) по данным прямой ординации типов лесных массивов и точек метеостанций. Секторы континентальности: **CE** – средневропейский умеренный, **BE** – восточноевропейский умеренно-континентальный, **ЗС** – западносибирский континентальный, **СС** – среднесибирский резко континентальный, **ВС** – восточносибирский резко и крайне континентальный, **ДВМК** – дальневосточный резко континентальный и муссонно-континентальный, **ДВМО** – дальневосточный муссонный и муссонно-океанический. Лесорастительные зоны: **I** – тундра, **II** – лесотундра, редколесья, стланики, изолированные острова лесов, **III** – таежные зоны с подзонами северной, средней и южной тайги, **IV** – смешанные хвойно-мелколиственные леса, или подтайга, **V** – лесостепи хвойно-мелколиственные с березой, **VI** – степи умеренно-холодные, **VII** – смешанные широколиственно-хвойные леса с дубом, **VIII** – широколиственные, или неморальные леса, **IX** – лесостепи с дубом, **IX'** – луголесостепи с дубом, **X** – степи умеренно-прохладного климата, **X'** – полупустыни, **XI** – лугово-березовая зона Камчатки, **XII** – зона кедрового стланика.

Основные типы растительности и лесные формации бореальной области (обозначения под рисунком): **1** – тундра, **2** – редколесье (еловое, лиственничное), **3** – стланики, **4** – березовые криволесья с *B. tortuosa* и лугово-березовая формация с *B. ertmani*, **5** – темнохвойная тайга, **6** – лиственничная тайга и редколесья, **7** – сосновые леса, **8** – интразональные и экстразональные степи.

Границы: **9** – реальных значений климатического пространства, **10** – лесорастительных зон (сдвоенная линия) и подзон (тонкая линия), **11** – секторов (Назимова, 1995).

Первые и наиболее распространённые исследования показателей биологической продуктивности насаждений, полученных на пробных площадях, осуществлялись по зональному градиенту. Е.М. Лавренко с соавторами (1955) была предпринята первая попытка построения профиля продуктивности растительного покрова по природным зонам и подзонам европейской части России. Для доминирующих лесных экосистем северной, средней и южной тайги и широколиственных лесов они приводят значения надземной фитомассы со-

ответственно 90, 130, 220 и 260 т/га и ее годового прироста – 1,5; 3,0; 5,0 и 5,6 т/га.

Для естественных сосняков брусничных северной, средней и южной тайги, лесостепи и степных боров Западной Сибири В.Н. Габеев (1990) дает значения надземной фитомассы соответственно 65, 164, 240, 202 и 106 т/га. В тех же подзонах вдоль уральского меридиана надземная фитомасса березняков VI класса возраста составляет соответственно 25, 88, 128, 132 и 110 т/га, запасы стволовой древесины - 38, 129, 209, 213 и 174 м<sup>3</sup>/га, а средняя высота древостоев - соответственно 7, 15, 18, 19 и 17 м с оптимумом в подзонах южной тайги и лесостепи (Усольцев и др., 2001).

Согласно картам биопродуктивности основных типов растительности (Базилевич, Родин, 1967), общая фитомасса лесных экосистем северной, средней и южной тайги и широколиственных лесов составляет соответственно 50-150, 150-300, 300-400 и 400-500 т/га. В.А. Усольцевым (1998) для ельников северной тайги, средней и южной тайги (вместе), зон хвойно-широколиственных и широколиственных лесов установлены предельные показатели общей фитомассы соответственно 249, 382, 571 и 732 т/га, что на 50 – 70% выше соответствующих верхних пределов, даваемых по зональному градиенту Н.И. Базилевич и Л.Е. Родиным (1967).

В совместной работе китайских и японских исследователей показана обратная связь фитомассы 30-летних лиственных деревьев с географической широтой (47, 50, 52 и 62°, что соответствовало южной, средней, северной частям Большого Хингана и далее - центральной Сибири), согласно которой в диапазоне широт от 47 до 62° фитомасса снижается в 3-4 раза (Shi et al., 2010).

Для количественной оценки изменений растительного покрова в широтном направлении имеется несколько способов. Один из них, упомянутый выше, - установление связи фитомассы насаждений непосредственно с географической широтой. Однако при этом игнорируется высотная поясность горных массивов, занимающих значительную территорию материка (рис. 2.9), что, по-видимому, является одной из причин 20-30%-ного остаточного информационного «шума» при составлении упомянутых выше карт-схем фитомассы насаждений Северной Евразии (Усольцев, 2003, 2007).

Изменение структуры и количества фитомассы насаждений по высотным градиентам связано с сокращением длительности вегетационного периода (рис. 2.10) и соответствующего уменьшения суммы эффективных температур. Соответственно изменяется и биологическая продуктивность насаждений (рис. 2.11). Поэтому зональный градиент фитомассы более корректно совмещается не с географической широтой, а с изотермами – линиями равной суммы эффективных температур (рис. 2.12).



Рис. 2.9. Физическая карта Евразии (<http://area7.ru/material.php?1839>)

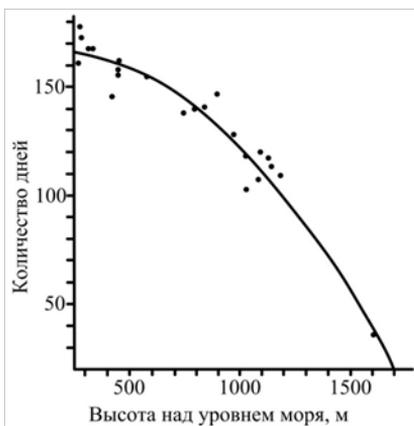


Рис. 2.10. Продолжительность вегетационного периода вдоль северного склона Швейцарских Альп (Keller, 1978).

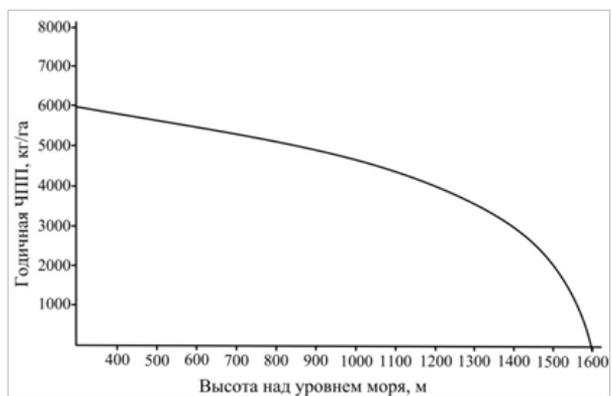


Рис. 2.11. Изменение чистой первичной продукции (ЧПП) еловых насаждений вдоль северного склона Швейцарских Альп (Keller, 1978).

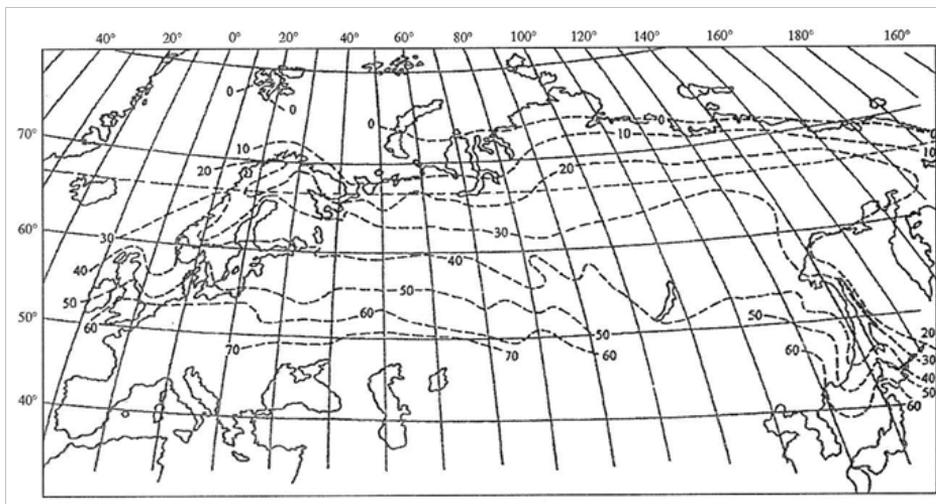


Рис. 2.12. Карта-схема распределения среднемесячных значений суммы эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  (показаны цифрами) за вегетационный период в Северной Евразии (Tuhkanen, 1984).

Исследуемый класс явлений имеет стохастическую (строго не детерминированную) природу, и они основаны на таком понятии, как «корреляция». Термин «корреляция» (co-relation) был предложен Ф. Гальтоном в докладе на заседании Королевского общества (Galton, 1888). Если, кроме наличия корреляции, необходимо знать, насколько именно изменяется один признак при известных изменениях других, то такая задача решается с помощью регрессионного анализа, который использован нами в данном исследовании.

Лесоводственная информация обычно представлена многофакторными массивами данных, которые могут служить для оценки какого-то искомого параметра по совокупности известных. В таком случае реализуется простейший вариант системного подхода – расчет эмпирической многофакторной регрессионной модели, которая предполагает вычленение основных определяющих факторов воздействия в системе и количественную оценку их совокупного воздействия на искомый показатель.

Поскольку совокупность показателей биопродуктивности в пределах региона сильно варьирует в связи с различиями возраста, добротности произрастания и морфологии полога, для обеспечения корректности сопоставлений в пределах географического градиента анализируются не обобщённые совокупности определений фитомассы на пробных площадях, а многофакторные уравнения, объясняющие изменчивость фитомассы посредством включенных в них некоторых независимых переменных.

Рассмотрим некоторые неопределённости, связанные с многофакторным регрессионным моделированием (класс индуктивных моделей). В данной группе моделей идут «от эксперимента», т.е. вначале в соответствии с постановкой задачи набирается эмпирический материал, который затем анализируется и

выявляются те или иные закономерности. В фитогеографии функциональные связи «... всегда осложнены и затемнены наложением на основные связи многочисленных второстепенных», и поэтому «однозначных связей в физико-географической среде не бывает» (Арманд, 1949. С. 89-90).

Стохастическую природу окружающего мира Н.Н. Моисеев (1986) интерпретирует в терминах «классических» механизмов эволюции: «Изменчивость... создает то поле возможностей, откуда механизмы отбора отфильтровывают и формы существования, и формы движения, которые будут реализованы природой. Другими словами, любой процесс развития должен содержать стохастические составляющие» (С. 71).

Д.Л. Арманд (1950), обосновывая свою концепцию о месте и роли функциональных и корреляционных связей между типами растительности и климатом, пишет: «Корреляция является тем типом связи, который присущ всем процессам, изучаемым физической географией. Поэтому методы математической статистики, специально разработанные для изучения корреляционных связей и применяемые в настоящее время лишь в некоторых географических дисциплинах, имеют универсальное значение» (С. 19).

В отличие от функциональной связи, при корреляционной число независимых переменных является условным, поскольку за рамками анализа всегда имеется множество «случайных» переменных, каждая из которых может быть подвергнута анализу в качестве независимой (аргумента). По точкам, соответствующим фактическим данным исследуемых факторов, строится «эмпирическая линия регрессии». Соответственно «эмпирическая закономерность отличается от теоретической тем, что не содержит элемента объяснения закономерности, но лишь констатацию ее» (Арманд, 1949. С. 93), и кроме того, «любое феноменологическое описание работает только до тех пор, пока продолжают работать по-старому существенные и часто неизвестные нам механизмы» (Виленкин, 1978. С. 16). Л.О. Карпачевский (1981) также подчеркивает, что подобную модель нельзя экстраполировать за пределы фактических значений факторов, она учитывает не причину воздействия фактора на продуктивность насаждений, а лишь взаимосвязь их, не раскрывая механизма взаимодействия. Впрочем, последнее характерно для всего класса индуктивных моделей.

Тем не менее, эмпирическая закономерность дает возможность сиюминутного прогноза наиболее вероятного значения функции при заданных значениях аргументов. Подобные закономерности выводятся и используются на каждом из трех уровней оценки продукционного потенциала лесов: климатическом, эдафическом и биоценотическом (Усольцев, 2003).

Математическая статистика изначально базировалась на четких предпосылках, соответствующих весьма идеализированным ситуациям (условия нормальности и аддитивности ошибок, детерминированности факторов и др.). А.М. Молчанов (1979), например, полагает, что «закону больших чисел повезло на общественное внимание. О нем часто говорят и пишут, хотя значительно

реже понимают» (С. 117). Имея в виду нормальное распределение как один из вариантов упомянутого закона, А.М. Молчанов напоминает: «Еще Анри Пуанкаре писал, что математики считают его экспериментальным фактом, а физики думают, что все это доказано математиками» (Там же. С. 117).

Практическое экспериментирование привело со временем к размыванию жесткости предпосылок и откровениям типа: «Нормальность превратилась не более чем в частный случай» (Адлер, Горский, 1986. С. 12) либо вовсе: «Нормальный закон как закон ошибок неверен» (Тутубалин и др., 1999.С. 18). Поэтому экспериментатору приходится переходить с «гладкой дороги нереальных предпосылок, произвольных критериев и абстрактных результатов... на каменистый путь реальных проблем» (Налимов, 1971. С. 68).

Здесь мы ограничиваемся рассмотрением лишь некоторых аспектов применения классического регрессионного моделирования, уходя от анализа альтернативных подходов – самоорганизующихся моделей, ридж-регрессий и др. (см., например, Ивахненко, 1969, 1982; Розенберг, Феклистов, 1982; Дрейпер, Смит, 1986, 1987).

Обсуждая возможные варианты обработки результатов измерений, В.Н. Тутубалин с соавторами (1999) считают наиболее приемлемым метод наименьших квадратов, составляющий основу регрессионного анализа. Хотя основы матричной алгебры, по алгоритмам которой рассчитываются коэффициенты многофакторной регрессии, заложены еще в XVIII веке, в силу ограниченных возможностей вычислительной техники, но главное, в силу того, что биология тогда еще не претендовала на статус количественной науки, обработка результатов измерений долгое время сводилась к установлению парных зависимостей. Со времен И. Ньютона в течение 200 лет точные науки имели дело лишь с хорошо организованными системами, когда результаты исследований описывались легко интерпретируемыми функциональными связями, которым приписывалась роль абсолютных законов, а методология однофакторного эксперимента считалась единственно правильной (Налимов, 1971).

Преимущества многофакторного эксперимента в условиях плохо организованных (диффузных) систем были показаны Р. Фишером (Fisher, 1924) в 1920-е годы, а в 1930-е годы А. К. Митропольским (1937, 1939) предложены алгоритмы расчета многофакторных регрессий. Однако подвижников, которые бы отважились на подобные расчеты с помощью арифмометра, долгое время не находилось. Наступление 1950-1960-х годов ознаменовалось в экологии «мистикой электронных вычислительных машин» (Тутубалин и др., 1999. С. 201), «регрессионным бумом» (Адлер, Горский, 1986. С. 7) и развитием методов планирования эксперимента (Налимов, Чернова, 1965). Регрессионный анализ стал считать «методом века» (Адлер, Горский, 1987).

Аналитическое представление закономерности в сравнении с графическим или табличным более предпочтительно. В отличие от дискретных графиков или

таблиц, аналитические модели непрерывны в заданных диапазонах и при корректном их построении отражают непрерывность изучаемых явлений (Нильсон, 1978).

Планируемый эксперимент может быть активным и пассивным, но в обоих случаях основное требование – воспроизводимость его результатов. При активном эксперименте объект исследования управляется путем задания действующим на него факторам определенных значений, когда все уровни некоторого фактора комбинируются со всеми уровнями остальных факторов (Адлер и др., 1976). В биологических дисциплинах исследователь имеет дело с пассивным экспериментом, т.е. «пассивно наблюдает за тем, как эксперимент ведет природа» (Налимов, 1971. С. 161). При этом все факторы не только не управляемы, но и тесно коррелированы с неучтенными факторами и между собой, что ведет к смещению оценок. Мультиколлинеарность (взаимная коррелированность факторов) является одним из основных ограничений, предъявляемых к многофакторным регрессионным моделям, и может породить некоторые потенциально опасные ситуации (Усольцев, 2003).

Второе ограничение касается степени формализуемости исследуемых факторов. Многие явления и признаки в лесу нельзя пока выразить числом и мерой (например, тип леса как одно из фундаментальных понятий лесоведения). Но это ограничение скорее техническое, чем принципиальное, а его модификация представляет исторический процесс. Метод факторного планирования эксперимента, в котором все уровни некоторого фактора комбинируются со всеми уровнями других факторов, предполагает использование не только количественных, но и качественных независимых переменных, которые, как правило, можно квантифицировать и использовать алгоритмы регрессионного анализа (Клейнен, 1978).

Факторы, используемые в регрессионных алгоритмах, обычно принимают значения из некоторого непрерывного интервала. В том случае, если это условие нарушается, используют так называемые «фиктивные» переменные (*dummy variables*) (Дрейпер, Смит, 1973), к одной из разновидностей которых можно отнести оцифрованные, или кодированные натуральные переменные или факторы (Адлер и др., 1976). Если факторы качественные, то их уровням приписываются числа из чисто мнемонических соображений (Клейнен, 1978). «...Например, цвет или даже оттенок может быть выражен в числах только потому, что нам известна радуга» (Ивахненко, 1969. С. 152). С.А. Айвазян с соавторами (1985) рассматривают несколько типов переменных: количественные, порядковые (оцифрованные и упорядоченные), номинальные (оцифрованные, но неупорядоченные) – и рекомендуют соответствующие математические аппараты.

Однако Дж. Клейнен (1978), уделявший большое внимание проблеме робастности оценок при многофакторных экспериментах, не видит необходимости вводить здесь какие-то ограничения, по крайней мере, для двух

первых типов переменных. Правда, в таких случаях приходится иметь дело с «моделью с ошибками в переменных» (Себер, 1980), которой свойственен специфичный алгоритм расчёта, но все эти методы, как правило, более сложны по сравнению с обычным методом наименьших квадратов. По мнению Дж. Себера (1980), если значения переменных контролируются, то модель можно исследовать таким же образом, как в ситуации, когда переменные не содержат ошибок.

Ю.П. Адлер с соавторами (1976) полагают, что «...граница между понятием качественного и количественного фактора весьма условна» (с. 48). Например, цвет можно квантифицировать не путём кодирования числами натурального ряда, а через длину волны, но насколько это будет оправданно? Набор типов леса от лишайниковой до сфагновой группы представляет экологический ряд (своеобразную «радугу»), элементы которого нельзя произвольным образом поменять местами, а можно лишь сменить порядок на обратный. Во всех этих случаях мы имеем дело с типичными порядковыми переменными, которые широко применяются в лесной экологии (класс Крафта, класс бонитета, разряд высот), в том числе в процедуре многофакторного регрессионного анализа (Тябера, 1980; Яновский, Моисеев, 1985).

Сам процесс математического моделирования в принципе не формализуем, в противном случае полезность этого процесса была бы весьма ограниченной (Мазуров, 1987). Неслучайно поэтому построение моделей относят к сфере искусства, а создание «хорошей» модели воспринимается как большое достижение (Мак-Лоун, 1979; Ворощук, 1982). Во всяком случае, необходимо, видимо, согласиться с мнением Е.М. Четыркина (1977), что если выполнять все статистические предписания как залог корректности многофакторной модели, то от применения множественного статистического моделирования придётся отказаться и довольствоваться скудным инструментарием.

С другой стороны, неслучайно Д.Л. Арманд (1949) предостерегает исследователей от формального применения математики: «В географии математический анализ связей не должен заменять выяснения их сущности, причин и механизма» и далее цитирует известного статистика А.А. Чупрова: «Знание связей, остающихся без истолкования или неверно истолковываемых, часто хуже полного незнания. Недостаточное внимание к этому обстоятельству является одним из злейших статистических преступлений» (С. 92).

Таким образом, для аналитического описания географических закономерностей распределения биопродуктивности лесного покрова необходим многофакторный подход, основанный на эмпирических регрессиях и учитывающий как основные климатические характеристики территории Евразии, которые можно выразить числом и мерой, так и основные географически локализованные массообразующие показатели древостоев данного древесного вида. Несмотря на опасность получения некорректных результатов вследствие нарушения принципов планирования многофакторного экспери-

мента (Усольцев, 2002а, 2004; Usoltsev, 2007), регрессионный анализ дает количественное выражение зависимости и показывает, насколько изменяется один признак при известных изменениях других. Поэтому в последние годы в регрессионные уравнения в качестве «объясняющих изменчивость» биопродуктивности на трансконтинентальном уровне авторы включали, наряду с климатическими параметрами, массообразующие (таксационные) характеристики древостоев.

Для лучшего согласования между собой фракций фитомассы лесного ценоза применена рекурсивная «цепочка» связанных (рекурсивных) уравнений, в которой зависимая переменная предыдущего выступает в качестве независимой переменной последующего уравнения. Применительно к лесной экосистеме регрессионная модель представляет собой результат статистического оценивания параметров системы математических выражений, которые характеризуют некоторую биологическую концепцию о взаимосвязи явлений. При исследовании сложных систем изолированные оценки редко дают адекватные результаты. Обычно динамика лесных экосистем может быть наиболее эффективно описана с помощью не одной, а нескольких взаимозависимых характеристик. Раздельное описание подобных зависимостей регрессионными уравнениями приводит к тому, что полученные оценки не будут сбалансированными.

Математические зависимости, объединенные в единую логически непротиворечивую концепцию, образуют систему связанных (совместимых) уравнений, основным достоинством которой является внутренняя согласованность описываемых закономерностей. История развития этих систем восходит к началу прошлого столетия, когда в ходе экономического анализа рыночных равновесий и разработки экономической теории рынка предполагалось, что рыночное равновесие в данный период обусловливается равновесием рынка в предшествующий период (Moore, 1917; Ezekiel, 1938; Harlow, 1962; Waugh, 1964; Ehrich, 1969; Halvorsen, 1975).

Различают три разновидности связанных уравнений – псевдонесвязанные, одновременные и рекурсивные (Усольцев, 1998). Последние получили наибольшее распространение в зарубежном лесоводстве при моделировании роста и прироста древостоев на основе совместимых уравнений, т. е. уравнений, связанных между собой по рекурсивному принципу. В этом случае в цепочке регрессионных уравнений, рассчитываемых по одному в логически последовательном порядке, зависимая переменная предыдущего уравнения входит в последующее в качестве одной из независимых переменных (Clutter, 1963; Furnival, Wilson, 1971; Borders, Bailey, 1986).

Последнее уравнение цепочки - основное, а все предшествующие – вспомогательные. Подобная «цепочка» последовательно связанных уравнений, объясняющих изменчивость фракционной структуры фитомассы, применена в нашем исследовании.

Детальное фракционирование фитомассы дает более полную картину продукционного процесса в целом, чем обезличенные общие ее показате-

ли, и позволяет произвести более корректный расчет биопродуктивности и углеродного баланса, поскольку разные фракции фитомассы участвуют в круговороте веществ с разной интенсивностью.

Методическими указаниями к МБП (Программа-минимум..., 1967) рекомендовалась закладка пробных площадей в типичных “фоновых” местообитаниях, репрезентативных по отношению к данному типу растительных сообществ. Если считать упомянутые пробные площади репрезентативными, то на их основе можно сделать предварительный анализ изменения биологической продуктивности насаждений лесообразующих пород по трансконтинентальным климатическим градиентам.

Трансконтинентальные градиенты фактических данных фитомассы насаждений Северной Евразии в последние годы подтверждены многофакторным регрессионным анализом как в широтном, так и в меридиональном (в градиенте континентальности климата) направлениях: установлено статистически значимое её увеличение по зональному градиенту в направлении с севера на юг и снижение в связи с увеличением континентальности климата в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии (Усольцев, 2003, 2007) (рис. 2.13).

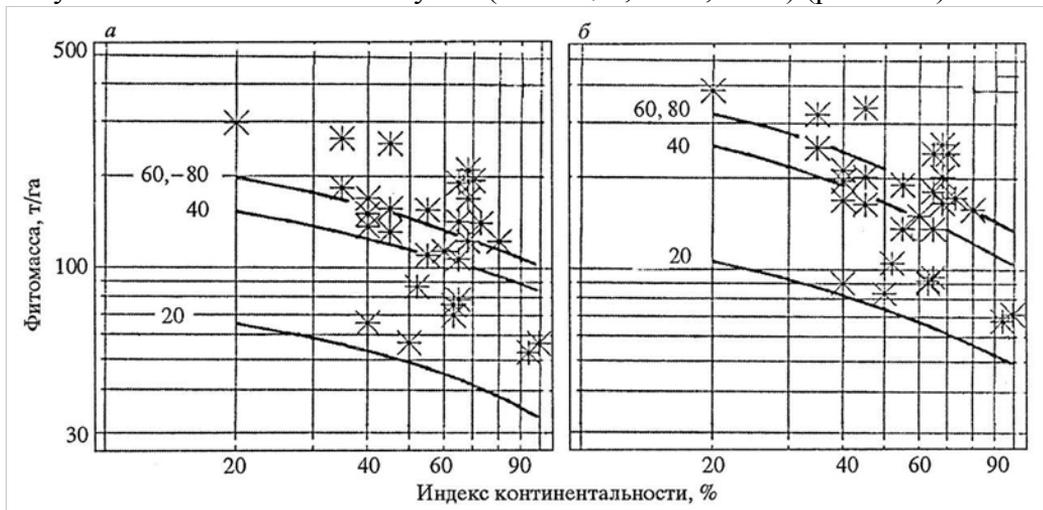


Рис. 2.13. Связь показателей надземной (а) и общей (б) абсолютно сухой фитомассы естественных сосняков Северной Евразии в возрасте 100 лет с индексом континентальности климата, по В. Ценкеру, и суммой эффективных температур ( $^{\circ}\text{C}$ ), обозначенной цифрами (Усольцев, 2007).

Карта изотерм С. Тукканена (см. рис. 2.12) охватывает территорию лишь северной части Евразии, а соответствующей карты для всей Евразии - нет, по крайней мере, в нашем распоряжении. Поэтому при экстраполяции климатических градиентов биологической продуктивности на всю территорию Евразии карта-схема изотерм заменяется картой природной зональности, в которой последовательность природных зон определяется количеством при-

ходящей солнечной радиации (ФАР) и соответственно – суммой эффективных температур. При этом конфигурация границ между природными зонами учитывает и высотную составляющую климатических показателей, что особенно наглядно демонстрирует граница между северным и южным умеренными зональными поясами (рис. 2.14).

Для количественной оценки степени континентальности климата предложено более двадцати индексов (Knoch, Schulze, 1952), различающихся главным образом различными вкладами амплитуды температур самого теплого и самого холодного месяцев и географической широты. Схемы изолиний континентальности имеют одну общую закономерность: показывают максимальное значение континентальности в районе Якутска с монотонным снижением как в атлантическом, так и в тихоокеанском направлениях (рис. 2.15-2.18). Первые три схемы изоконт распространяются только на северную часть Евразии, а четвертая, по С.П. Хромову (1957), охватывающая всю территорию Евразии, использована в нашем дальнейшем исследовании. Если диапазон распределения пробных площадей по зональному градиенту для той или иной древесной породы относительно небольшой, и данные фитомассы укладывались в схему В. Ценкера, то в использовании схемы изоконт С.П. Хромова необходимости не было.

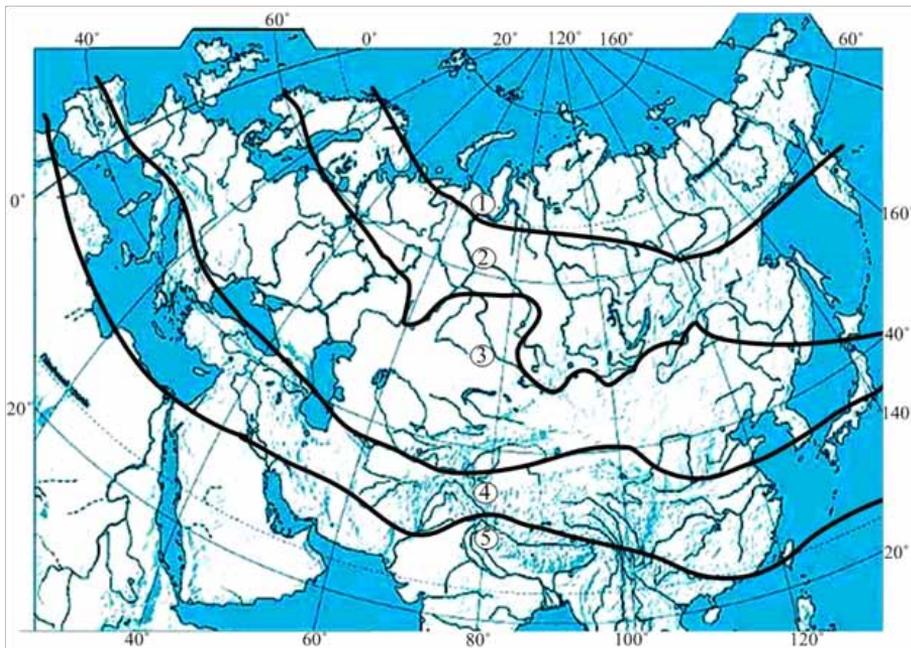


Рис. 2.14. Карта-схема зональных поясов Евразии, на которой умеренный пояс, представленный на карте Б.П. Алисова и Б.В. Полтарауса (1974), подразделен на северный и южный подпоясы в соответствии с картой-схемой Н.И. Базилевич и Л.Е. Родина (1967). Экспликация зональных поясов: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 – субтропический, 5 – субэкваториальный ([http://russlov.com/geograficheskiy\\_atlas/page/klimaticheskie\\_poyasa\\_i\\_oblasti.104/](http://russlov.com/geograficheskiy_atlas/page/klimaticheskie_poyasa_i_oblasti.104/)).

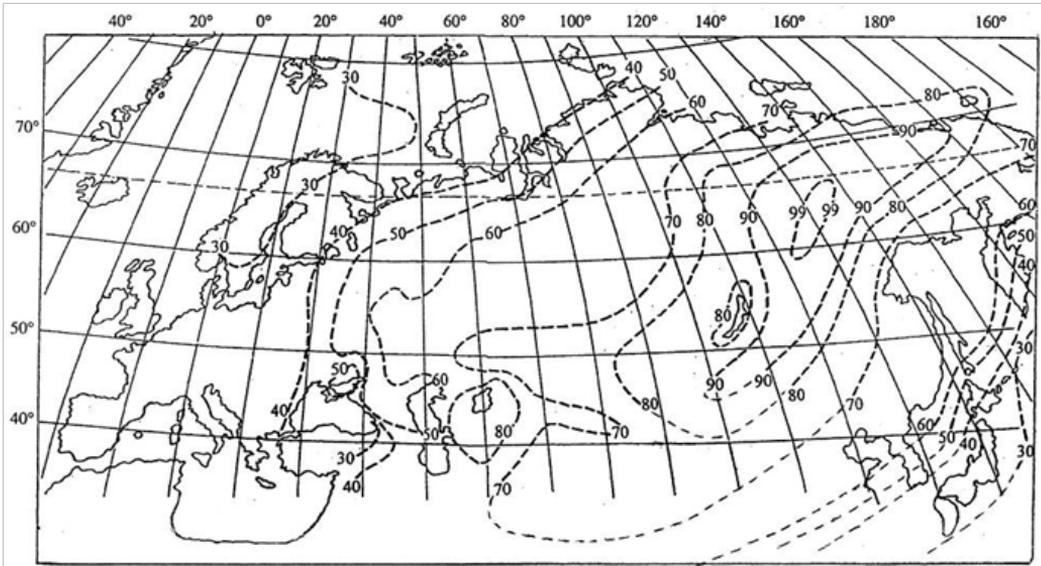


Рис. 2.15. Изолинии континентальности климата Северной Евразии, рассчитанные А.А. Борисовым (1967) по упрощенной формуле Ценкера:  $K = (A/\varphi)100$ , где  $K$  – индекс континентальности климата, изменяется в пределах от 8 до 100;  $A$  – годовая амплитуда температуры воздуха, °С;  $\varphi$  – географическая широта, град.

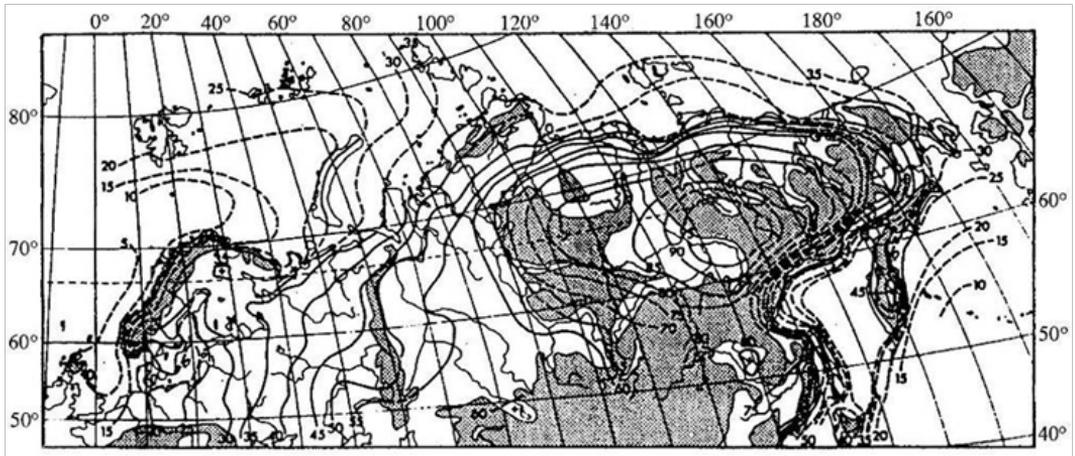


Рис. 2.16. Изолинии континентальности климата Северной Евразии (Tuhkanen, 1984), построенные с использованием формулы В.Конрада (Conrad, 1946):  $K = [1,7A/\sin(\varphi+100)]-14$ , где  $K$  – индекс континентальности климата, изменяется в пределах от 0 до 100.

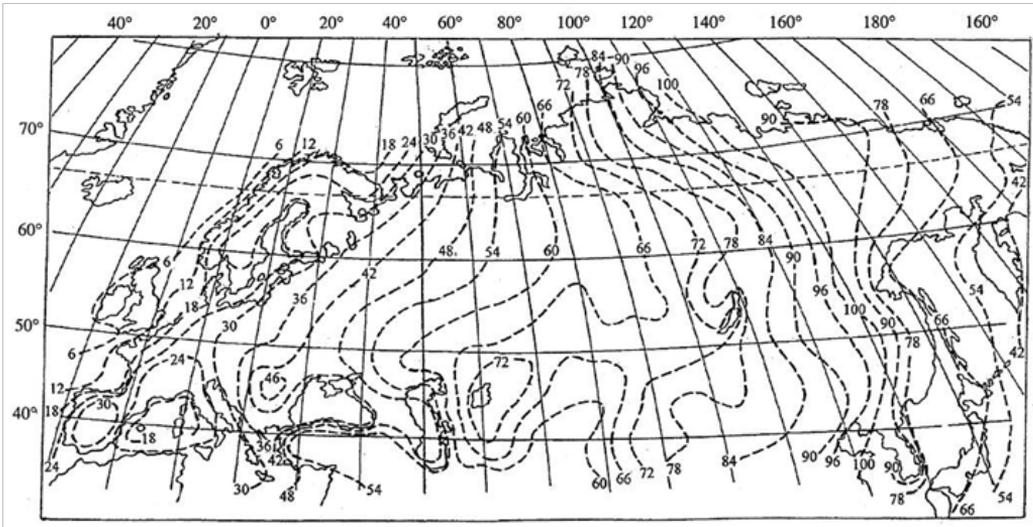


Рис. 2.17. Изолинии континентальности климата Северной Евразии для января, построенные по соотношению аномалий температур в пределах широтного пояса (Полозова, 1954).

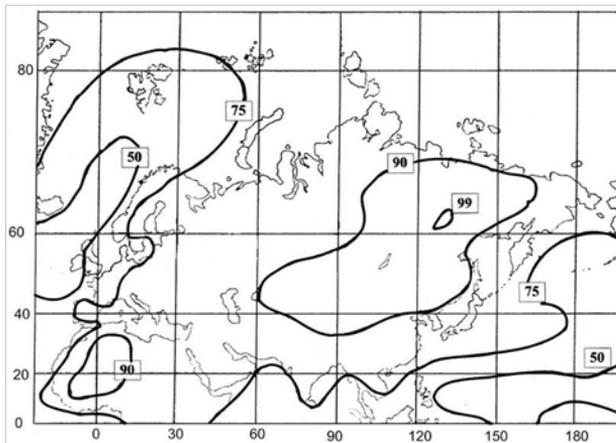


Рис. 2.18. Изолинии континентальности климата Евразии, рассчитанные по формуле:  $K = [A - (5,4 \sin \varphi / A)] 100$ , где  $K$  – индекс континентальности климата, изменяется в пределах от 0 до 92;  $A$  – годовая амплитуда температуры воздуха, °C;  $\varphi$  – географическая широта, град. (Хромов, 1957).

Упомянутая выше опасность коррелированности факторов имеет отношение к нашему исследованию, когда мы включаем в регрессионную модель фитомассы насаждений два фактора: (1) природную зональность, количественно выраженную суммой эффективных температур, или географической широтой местности, или просто рядом натуральных чисел, и (2) степень континентальности климата, т.е. удалённости от атлантического и тихоокеанского побережий, выраженную одним из индексов континентальности. Но поскольку линии названных побережий пролегают под углом к меридианам и не ортогональны по отношению к географической широте, в формулу индекса континентальности обычно, кроме разности минимальной и максимальной температур, включается

географическая широта. Тем самым два названных фактора являются в какой-то степени коррелированными, и чтобы минимизировать смещения, необходимо включать их в модель только при условии, что тот и другой представлены эмпирическим материалом в максимальном диапазоне варьирования каждого. Впрочем, в лесоэкологических процессах выявить действующие факторы, которые были бы абсолютно ортогональными, практически невозможно.

В последующих главах предпринята первая попытка аналитически описать климатически обусловленные тренды фитомассы насаждений в пределах территории всей Евразии отдельно по каждому из тех древесных родов, которые максимально представлены на её территории как в широтном, так и в долготном направлениях, используя для этой цели сформированную автором базу фактических данных фитомассы в количестве 8033 определений на лесных пробных площадях (Usoltsev, 2013). Из хвойных это подрод 2-хвойных сосен (*Pinus* или *Diploxylon*), *Picea* Dietr. (ель), *Abies* Mill. (пихта), *Larix* Mill. (лиственница), подрод 5-хвойных (кедровых) сосен, или кедров (*Haploxylon*), из лиственных - *Betula* L. (берёза), *Populus* L. (осина и тополя) и *Quercus* L. (дуб). Широко распространен также ареал рода *Alnus* Gaertn. (ольха) на всем пространстве от атлантического до тихоокеанского побережья и от Заполярья на севере до субтропиков на юге. Однако фактическими данными определений фитомассы на пробных площадях этот род представлен только на европейской части Евразии и в наш анализ не включен. По этой же причине исключены из анализа род *Tilia* L. (липа), а также остальные роды древесных, которые или имеют локальные ареалы, или недостаточно представлены данными фитомассы, или то и другое вместе.

## 2.2. Насаждения 2-хвойных сосен

### 2.2.1. Характеристика базы данных о фитомассе сосняков в лесах Евразии

Использованная в нашем исследовании база данных о фитомассе двухвойных сосен Евразии состоит из 3020 определений на пробных площадях, в том числе 2125 – в естественных фитоценозах и 895 – в культурах (Usoltsev, 2013). Из 3020 определений, полученных из 260 литературных источников, 550 (около 20%) относятся к смешанным древостоям с преобладанием сосны, а остальные – к чистым соснякам. На страны бывшего СССР приходится 2340 пробных площадей (около 80%), в том числе на Россию – 1570 (более 50%). Распределение пробных площадей с определениями фитомассы сосняков на карте-схеме Евразии показано на рис. 2.19, а по древесным видам и странам - в табл. 2.1. В базу данных для Японии, наряду с аборигенными двухвойными видами (сосна густоцветная и сосна Тунберга, соответственно 23 и 10 пробных площадей), включены интродуцированные из Северной

Америки 2-3-хвойные виды (сосна ладанная и сосна Эллиота (Элайс, 2014), соответственно 9 и 7 пробных площадей).



Рис. 2.19. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы (т/га) 3020 основных насаждений (подрод *Pinus*) на территории Евразии.

Таблица 2.1

Распределение количества пробных площадей с определениями фитомассы сосны (т/га) по видам и странам

Вид	Систематическое название	Страна	Количество пробных площадей
Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Россия, Казахстан, Белоруссия, Украина, Финляндия, Швеция, Швейцария, Англия, Чехия, Словакия, Болгария, Китай, Германия, Бельгия, Венгрия, Испания, Литва, Норвегия, Польша, Эстония	2580
С. китайская	<i>P. tabulaeformis</i> Carr.	Китай	165
С. Массона	<i>P. massoniana</i> Lamb.	Китай	65
С. тайваньская	<i>P. taiwanensis</i> Hayata	Китай	55
С. юннаньская	<i>P. yunnanensis</i> Franchet	Китай	46
С. австрийская	<i>P. nigra</i> Arn.	Англия, Венгрия, Франция, Германия, Нидерланды	33

Вид	Систематическое название	Страна	Количество пробных площадей
С. густоцветная	<i>P. densiflora</i> S. et Z.	Япония	23
С. приморская	<i>P. pinaster</i> Aiton	Россия, Франция, Италия	11
С. пицундская	<i>P. pityusa</i> Steven	Россия	10
С. Тунберга	<i>P. thunbergii</i> Parl.	Япония	10
С. ладанная	<i>P. taeda</i> L.	Япония	9
С. Эллиота	<i>P. elliotii</i> Engelm.	Япония	7
С. Сосновского	<i>P. sosnowskyi</i> Nakai	Грузия	3
С. алеппская	<i>P. halepensis</i> Mill.	Ирак	1
С. крымская, или Палласа	<i>P. Pallasiana</i> Lamb.	Россия	1
С. итальянская	<i>P. pinea</i> L.	Франция	1
Итого			3020

### 2.2.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы сосняков Евразии

Первая попытка формирования базы данных о фитомассе сосняков была осуществлена для территории не всей Евразии, а только ее северной части (Усольцев, 2001, 2007). Для всей Евразии данные тогда отсутствовали. Основная часть массива фактических данных была сосредоточена на карте-схеме Северной Евразии севернее 45-50-й параллелей. Поэтому зональный градиент фитомассы был совмещён с картой-схемой среднемесячных значений суммы эффективных температур выше +5°C по С. Тукканену (см. рис. 2.12), а градиент фитомассы по континентальности климата - с картой-схемой изоконт, построенной А.А. Борисовым (1967) по формуле Ценкера (см. рис. 2.15).

Надо отметить, что по сосновым насаждениям заложено наибольшее количество пробных площадей и соответственно накоплено наибольшее количество фактических данных фитомассы по сравнению с другими породами. Это позволило тогда провести регрессионный анализ климатических градиентов фитомассы по естественным соснякам и культурам отдельно (Усольцев, 2007). Ещё одна модификация связана с изменением алгоритма расчетов, который ранее был основан на применении блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973), кодирующих принадлежность пробных площадей к тому или иному экорегиону. Каждый экорегион был позиционирован по сумме эффективных температур и степени континентальности климата и кодировался соответствующим блоком фиктивных переменных. Система многофакторных уравнений, включающих в качестве регрессоров, кроме основных таксационных показателей древостоев, блоковые фиктив-

ные переменные, на первом этапе расчетов давала возможность количественно оценить степень “дистанцирования” по различным экорегионам показателей фитомассы насаждений, приведенных к сопоставимому виду. К этому вопросу мы ещё вернёмся в разделе 2.5.

На втором этапе для полученных региональных значений фитомассы заданного возраста рассчитывались её 2-факторные зависимости от климатически обусловленных параметров (Усольцев, 2001, 2003, 2007; Усольцев и др., 2014) и затем результаты их табулирования по экорегионам соотносились с климатообусловленными факторами. Подобный подход предполагал наличие полных данных по всему фракционному составу в каждом экорегионе, а поскольку пробных площадей с определениями только надземной фитомассы обычно намного больше, чем с определениями фитомассы также корней и нижнего яруса, пробные площади с неполным набором данных автоматически исключались при расчете моделей. Тем самым объем данных по надземной фитомассе неоправданно сокращался. Поэтому в настоящем разделе в регрессионные уравнения в качестве регрессоров (независимых переменных) включаются не блоки фиктивных переменных, а непосредственно показатели природной зональности и континентальности климата.

Как уже упоминалось, настоящим исследованием охвачена территория всей Евразии, включая Китай. В данном случае территориальное распределение фактических данных фитомассы в южном направлении достигает 20-й параллели в субэкваториальном поясе (см. рис. 2.19) и выходит за пределы карт-схем С. Тукканена и А.А. Борисова. Поэтому были приняты другие карты-схемы климатических градиентов фитомассы, полностью вмещающие наш массив фактических данных по соснякам, а именно – карта-схема зонального деления Евразии по Б. Алисову и Б. Полтараусу (см. рис. 2.14) и карта-схема изоконт по С.П. Хромову (см. рис. 2.18). При этом умеренный пояс, выделенный Б.П. Алисовым, разделен на северный и южный подпоясы, и линия раздела соответствует южному пределу таежной зоны, по Н.И. Базилевич и Л.Е. Родину (1967).

Материалы пробных площадей, представленные в табл. 2.1, объединены для подрода *Pinus* в один исходный массив, структурированный в географическом плане. Совместный анализ разных видов вызван невозможностью произрастания одного и того же древесного вида на всей территории Евразии, в результате чего ареалы древесных видов в пределах рода приурочены к определенным экорегионам (например, *Pinus nigra* на Балканах и *P. densiflora* в Японии). Последнее явление известно в хорологии растений как замещение видов: замещающие, или викарирующие виды растений возникают в случаях геологически давнего разобщения когда-то сплошного ареала (Толмачев, 1962) или вследствие климатически обусловленного морфогенеза (Чернышев, 1974).

Фактические значения фитомассы 3020 сосновых насаждений (см. рис. 2.19) мы соотнесли с пятью климатическими (зональными) поясами, закодирован-

ными порядковыми номерами 1, 2, 3, 4 и 5 (рис. 2.20), а также с индексами континентальности территории Евразии по С.П. Хромову (рис. 2.21), путем нанесения координат каждой пробной площади на упомянутые карты-схемы.

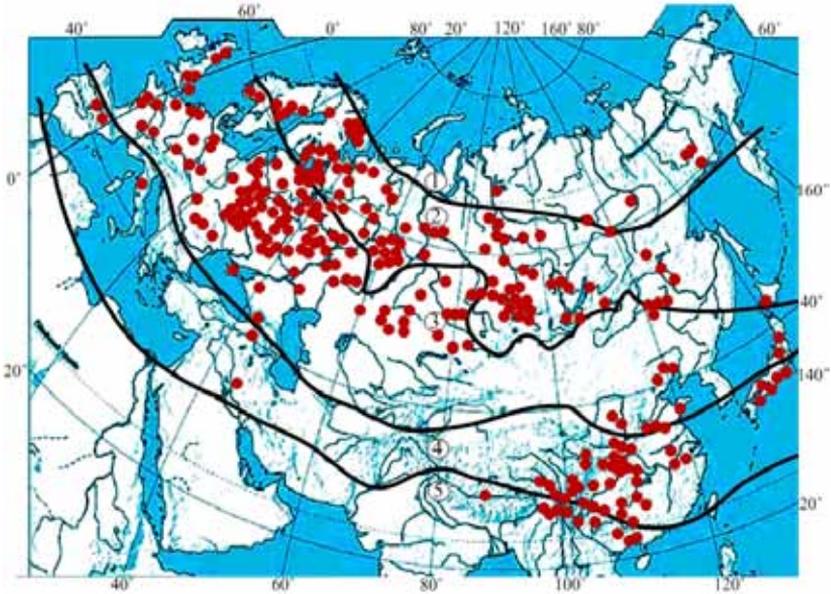


Рис. 2.20. Распределение пробных площадей, на которых определена фитомасса насаждений сосны (т/га), по зональным поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 - субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967).

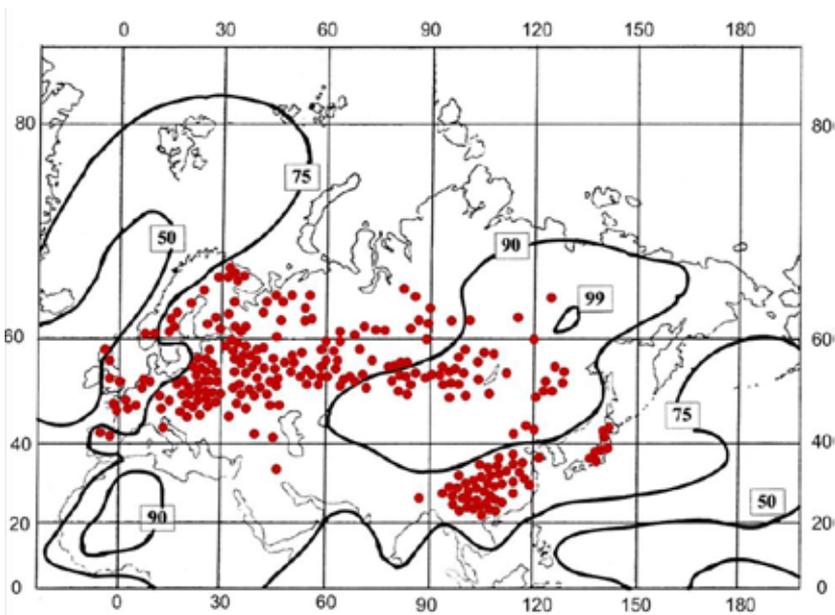


Рис. 2.21. Карта-схема изолиний континентальности климата Евразии (Хромов, 1957) с нанесенным положением пробных площадей, на которых выполнено определение фитомассы сосновых насаждений (т/га).

По результатам совмещения сформирован массив исходных данных (см. рис. 2.20 и 2.21) и рассчитаны два блока связанных (рекурсивных) уравнений: блок двух массообразующих показателей  $N$  и  $M$  и блок фитомассы  $P_i$  (стрелкой показана последовательность расчетов):

$$N = f(A, Zon, ICKh) \rightarrow M = f(A, N, Zon, ICKh) \rightarrow P_i = f(A, N, M, Zon, ICKh). \quad (2.4)$$

Все переменные, как и ранее, подвергнуты логарифмической трансформации, поскольку без этой процедуры уравнения при индексе континентальности более 80 дают значения искомым показателям со знаком «минус». В уравнениях (2.4):  $N$  - число стволов, тыс. экз/га;  $A$  - возраст древостоя, лет;  $M$  - запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>/га;  $P_i$  - фитомасса в абсолютно сухом состоянии стволов с корой, скелета ветвей, хвои, корней, надземная, общая и нижнего яруса растительности, в который включены, живой напочвенный покров, подлесок и подрост (соответственно  $P_s, P_b, P_p, P_r, P_a, P_t$  и  $P_u$ ), т/га;  $Zon$  - номер зонального пояса: 1, 2, 3, 4 и 5, соответственно субарктический, северный умеренный, южный умеренный, субтропический и субэкваториальный;  $ICKh$  - индекс континентальности климата по С.П. Хромову, %.

В уравнениях (2.4) в качестве характеристики плотности древесного ценоза вместо показателя полноты включается его густота, т.е. наличное число стволов ( $N$ , тыс.экз/га). Преимущество густоты ( $N$ ) перед полнотой ( $G = 0,785 D^2N$ ) при оценке массы охвоенных побегов сосны на 1 га было статистически доказано С.Б. Байзаковым (1969), а позднее к такому же выводу приходит В.В. Кузьмичев (1977) и при оценке запаса стволовой древесины.

Сказанное имеет целью объяснить логику построения структуры системы оценочных моделей фитомассы насаждений (2.4), разработанных нами для некоторых древесных пород на обширном экспериментальном материале в пределах Северной Евразии, и причину отказа от использования интегрального показателя полноты, обычно применяемого при оценке запасов стволовой древесины (Усольцев, 2001, 2002, 2003).

В рекурсивной системе уравнений (2.4) последнее уравнение - основное, а два предшествующие - вспомогательные. Основное уравнение не может быть использовано непосредственно, поскольку мы можем задать в нём только возраст  $A$ , а соответствующие этому возрасту таксационные показатели древостоев  $N$  и  $M$  неизвестны и рассчитываются по системе вспомогательных уравнений.

Расчет регрессионных коэффициентов  $a_i$  «цепочки» уравнений (2.4) выполнен в следующей последовательности: вначале рассчитывается уравнение для  $N$  в системе (2.4) с использованием независимых переменных  $A, Zon$  и  $ICKh$ ; затем - уравнения для  $M$  с использованием независимых переменных  $A, Zon$  и  $ICKh$ , а также - переменной  $N$ , статус которой сменился, и ранее зависимая переменная на данном этапе стала независимой (по рекурсив-

ному принципу), и, наконец, рассчитаны уравнения для фракций фитомассы  $P_i$  той же системы (2.4) с использованием тех же независимых переменных  $A$ ,  $N$ ,  $Zon$  и  $ICKh$ , а также – переменной  $M$ , статус которой сменился.

Поскольку в уравнения (2.4) в качестве одной из независимых переменных включена густота древостоя, естественные насаждения и культуры, различающиеся в основном густотой, в данном случае не разделены, и расчет уравнений (2.4) выполнен по обобщённому массиву фактических данных. В показатели  $P_A$  и  $P_T$  вошла только фитомасса древостоя, без нижнего яруса. Для последнего уравнение (2.4) рассчитано отдельно. Характеристика полученных уравнений приведена в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Характеристика уравнений (2.4) для сосновых насаждений Евразии

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					
	$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln N)$	$a_4(\ln N)^2$	$a_5(\ln M)$
$\ln(N)$	2,3672	-1,1322	-	-	-	-
$\ln(M)$	-3,0366	3,6842	-0,3926	-0,0652	-	-
$\ln(P_S)$	0,9487	0,2182	-0,0153	0,0150	-	0,9335
$\ln(P_B)$	5,7294	-0,8188	0,0827	-0,0560	-0,0208	0,6120
$\ln(P_F)$	1,1499	-0,9942	0,0882	0,0414	-	0,8579
$\ln(P_R)$	-1,6828	0,9424	-0,0897	0,0875	-	0,6970
$\ln(P_A)$	2,9015	-0,2889	0,0389	-	-	0,7382
$\ln(P_T)$	2,6286	0,0553	-	0,0121	-	0,4854
$\ln(P_U)$	27,072	-2,2551	0,3356	-	-	-

Продолжение таблицы 2.2

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные				R <sup>2</sup>	SE
	$a_6(\ln M)^2$	$a_7 \ln(Zon)$	$a_8(\ln Zon)^2$	$a_9 \ln(ICKh)$		
$\ln(N)$	-	0,7326	-0,9818	0,6250	0,579	0,70
$\ln(M)$	-	2,1820	-0,9872	-0,2745	0,533	0,65
$\ln(P_S)$	-	-0,3865	0,2125	-0,4319	0,967	0,17
$\ln(P_B)$	-	-1,5355	0,9599	-0,9209	0,648	0,40
$\ln(P_F)$	-0,0464	-1,0286	0,6861	0,0352	0,475	0,36
$\ln(P_R)$	-	0,9222	-0,3816	-0,3987	0,817	0,34
$\ln(P_A)$	0,0128	-0,5340	0,3210	-0,4101	0,951	0,18
$\ln(P_T)$	0,0369	0,1586	-	-0,3988	0,949	0,17
$\ln(P_U)$	-	0,4498	-	-5,1966	0,169	0,90

В уравнениях здесь и далее показаны лишь переменные, значимые на уровне  $P_{95}$  и выше. Соотношение фактических и полученных по уравнениям (2.4) значений анализируемых показателей дано на рис. 2.22-2.24.

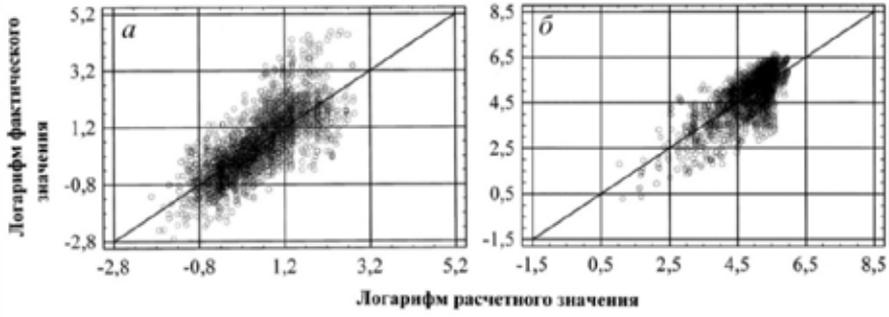


Рис. 2.22. Соотношение фактических и расчетных значений  $N(a)$  и  $M(б)$ , полученных согласно уравнениям (2.4) для сосновых насаждений Евразии.

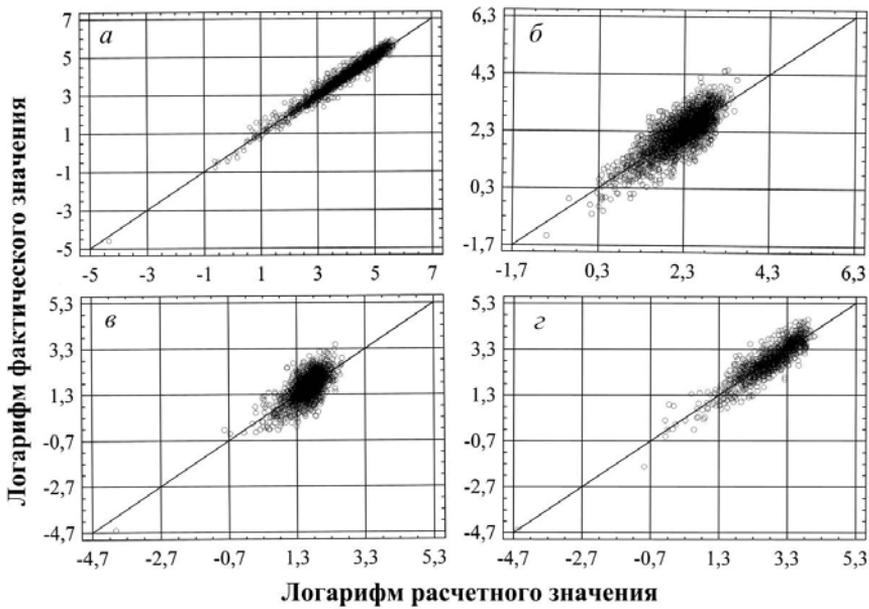


Рис. 2.23. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_S(a)$ ,  $P_B(б)$ ,  $P_F(в)$  и  $P_R(г)$ , полученных согласно уравнениям (2.4) для сосновых насаждений Евразии.

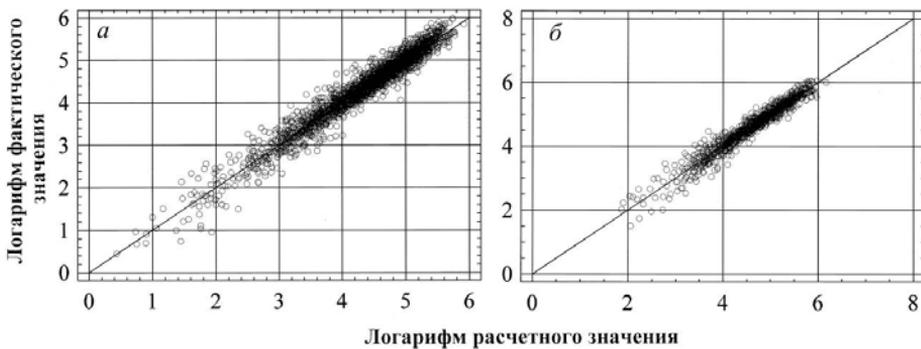


Рис. 2.24. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_A(a)$  и  $P_T(б)$ , полученных согласно уравнениям (2.4) для сосновых насаждений Евразии.

Уравнения (2.4) протабулированы в последовательности, показанной стрелками, по задаваемым значениям возраста в диапазоне от 20 до 200 лет (приложение 1). Из полученной таблицы взяты значения искомым показателей для возраста 100 лет и представлены в виде графиков их связи как с зональностью территории, так и с континентальностью ее климата (рис. 2.25 и 2.26).

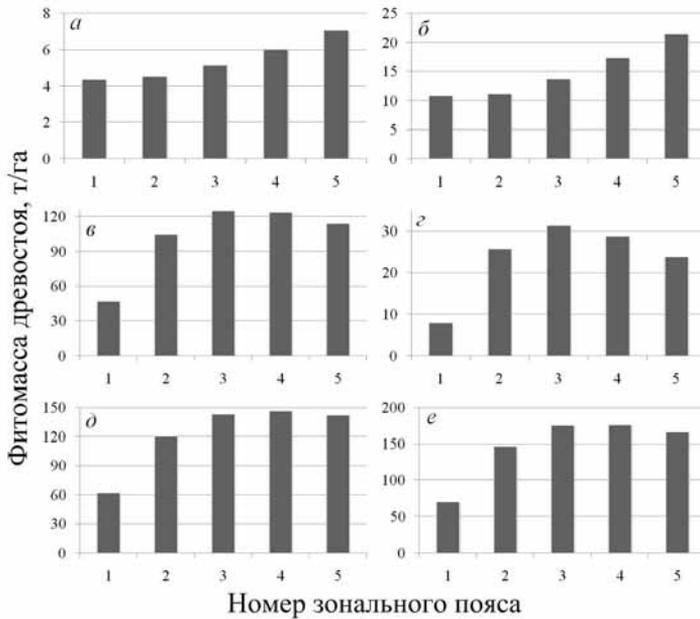


Рис. 2.25. Изменение расчетных показателей фитомассы двухвойных сосен, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 80%.

Согласно полученным результатам масса хвои и ветвей сосняков монотонно возрастает в направлении от 1-го к 5-му зональным поясам (рис. 2.25 а, б), масса стволов и корней изменяется по колоколообразной кривой с максимумом в 3-м зональном поясе (рис. 2.25 в, г), а совокупные по фракциям показатели - надземная и общая фитомасса – возрастают от 1-го к 3-му поясу, а затем, хотя и несколько снижаются, но практически выходят на плато (рис. 2.25 д, е).

При фиксированном зональном поясе (например, поясе 3) все фракции фитомассы и их совокупные показатели монотонно снижаются в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии (рис. 2.26).

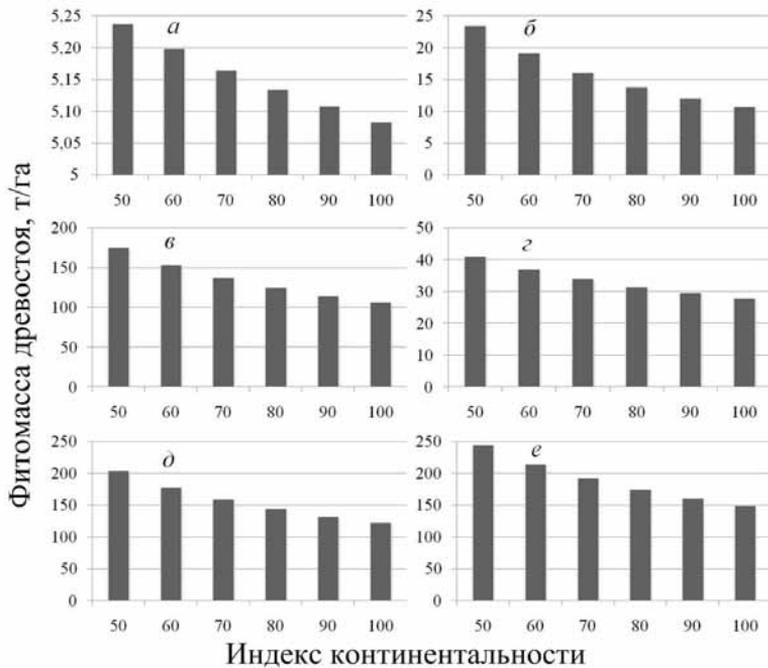


Рис. 2.26. Изменение расчетных показателей фитомассы двухвойных сосен, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 2.20).

Необходимо отметить, что, несмотря на различные начальные условия при моделировании фитомассы сосняков на территории Северной Евразии (см. рис. 2.13) и данного анализа на территории всей Евразии (см. рис. 2.25 д, е и 2.26 д, е), а именно, - на разные базовые карты-схемы климатических градиентов, закономерности климатически обусловленных трендов фитомассы одни и те же. К тому же и алгоритмы моделирования были разными: двухэтапная процедура с включением блоковых фиктивных переменных в первом случае и непосредственное включение в многофакторную модель климатических показателей в качестве независимых переменных – во втором.

Изменение расчетных показателей фитомассы нижнего яруса по транс-континентальным градиентам, в основном, аналогично изменению надземной и общей фитомассы древостоев, т.е. возрастает в направлении с севера на юг (от 1-го к 5-му зональным поясам), и снижается в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии (рис. 2.27).

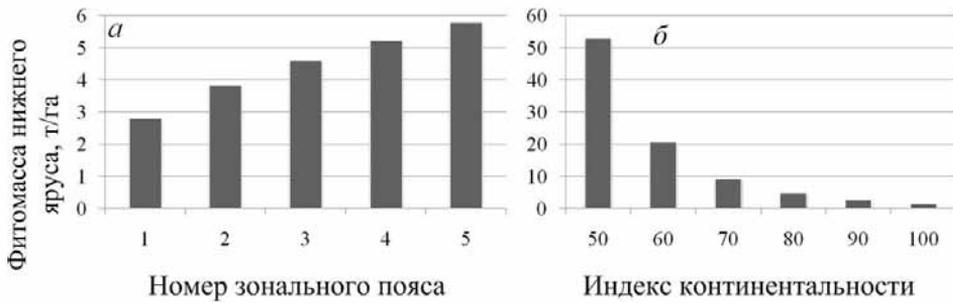


Рис. 2.27. Связь расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в возрасте 100 лет с зональной принадлежностью сосняков при индексе континентальности климата, равном 80% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Отношение подземной фитомассы к надземной ( $P_R/P_A$ ), представляет собой важную характеристику устойчивости насаждений (*root:shoot ratio*, или корнелистовая функциональная связь) в разных экологических условиях и активно обсуждается в отечественной (Казарян, 1969; Лир и др., 1974; Ермоленко П., Ермоленко Л., 1981; Оськина, 1982; Усольцев, 1985, 1988) и зарубежной литературе (Melzer, 1962; Brouwer, 1966; Davidson, 1969; Ledig et al., 1970; Gales, 1979; Reynolds, Thornley, 1982; Iwasa, Roughgarden, 1984; Ågren, Ingestad, 1987; Wilson, 1988; Groff, Kaplan, 1988; Bartelink, 1998; Leuschner et al., 2007; O'Hara, 2014).

Теоретически величина  $P_R/P_A$  у растений данного вида в идентичных условиях среды должна быть генетически закреплённой (Лир и др., 1974), однако постоянство условий среды в реальных условиях практически недостижимо (Davidson, 1969; Brouwer, 1983). Многочисленными экспериментами установлено, что эта величина чрезвычайно чувствительна к условиям среды и снижается по мере улучшения лесорастительных условий (Алексеев, 1975; Оськина, 1982) и с увеличением возраста (Brouwer, 1966; Ермоленко П., Ермоленко Л., 1981).

Высказывается предположение, что растения поддерживают постоянное соотношение между абсорбцией азота корнями и синтезом углеводов ассимилирующим аппаратом (Luckwill, 1960; Troughton, 1960; Ågren, Ingestad, 1987). Ассимилянты распределяются в растении обратно пропорционально интенсивности функционирования корней и листвы, и это обеспечивает сбалансированность «внутренней экономики» (internaleconomy) растений, которая определяется пропорцией: (масса корней)×(скорость абсорбции)=(масса листвы)×(интенсивность фотосинтеза) (Luckwill, 1960; Troughton, 1960; Davidson, 1969; Thornley, 1972). Однако исследование соотношения  $P_R/P_A$  в терминах «функционального равновесия» показало, что такого равновесия на достаточно продолжительных периодах времени не существует (Brouwer, 1983). Тем не менее, глобальный анализ соотношения  $P_R/P_A$  в разных типах растительности и разных природных зонах позволил М. Вергеру (Werger,

1983) рассматривать это соотношение как характеристику стратегии растительного покрова при неизменных условиях среды.

В нашем исследовании  $P_R/P_A$  изменяется по зональным поясам по колоколообразной кривой с максимумом во 2-м и 3-м зональных поясах и возрастает по мере увеличения континентальности климата (рис. 2.28).

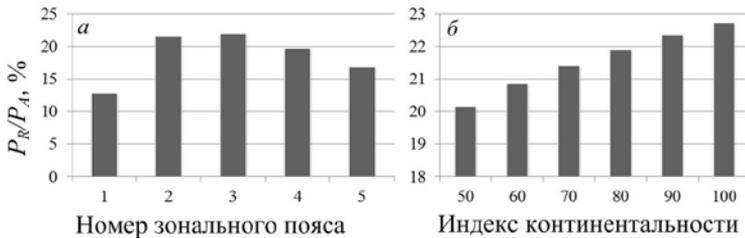


Рис. 2.28. Изменение отношения  $P_R/P_A$  в 100-летних сосняках в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, по С.П. Хромову, равном 80% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Отмеченный выше факт увеличения величины  $P_R/P_A$  по мере ухудшения условий произрастания находится в противоречии с нашим результатом: доля массы корней в общей в субарктическом поясе существенно меньше, чем в северном умеренном (см. рис. 2.28). Возможная причина этого противоречия – в том, что в первом случае определялась масса лишь скелетных корней, т.е. отмывка тонкой фракции не производилась.

Если сравнить отношение массы корней к надземной на северном и южном пределах произрастания древесных пород с тем же показателем в подзоне средней тайги, то известный ранее факт подтверждается: в лесотундре относительная масса корней лиственницы и ели достигает 1,1 (Деева, 1985, 1987; Игнатенко и др., 1973) и на южном пределе произрастания, в сухой степи у сосны – 0,86-0,90 (Усольцев, 1997). Это существенно выше по сравнению с аналогичным показателем в подзоне средней тайги (0,20-0,26) (Алексеев, 1975; Бобкова, 2001; Ведрова, 2002). Но если взять показатель относительной массы корней не всех, а только их скелетной части (как и определяют массу корней в большинстве случаев), то у сосны в условиях сухой степи вместо 0,86-0,90 получим лишь 0,10-0,20 (Усольцев, 1997), т.е. меньше, чем в таёжной зоне. По-видимому, нечто подобное послужило причиной того, что мы получили (см. рис. 2.28) необычный результат для субарктического и северного умеренного зональных поясов.

Показателем для объяснения данного феномена результат, полученный польскими исследователями сосны обыкновенной 12-летнего возраста трёх происхождений (provenance experiment): из северной, средней и южной частей Европы. Доля корней в общей массе насаждений составила соответственно 22, 19 и 28%. Наименьшая относительная масса корней в средней части Европы объясняется меньшей долей тонкой фракции в зоне оптимума

по отношению к экстремальным северной и южной территориям. Но по относительной массе скелетных корней (т.е. за вычетом тонкой фракции) никаких различий по зональному градиенту не выявлено (Oleksyn et al., 1999).

Методика определения фактической массы корней играет решающую роль при зональном анализе их фитомассы, как в абсолютном выражении, так и в относительном. Однако во многих случаях авторы публикаций или умалчивают о применённой ими методике, или описывают ее так, что трудно определить, какая часть массы тонкой фракции (всасывающих корней) ими учтена. А она в условиях сухой степи (Аман-Карагайский бор в Тургайском прогибе) у сосны обыкновенной достигает фантастической величины – 82 (Усольцев, 1988, 1997) и даже 95% (Будаев, 1971) от общей массы корней вместе с пнём и превышает массу хвои в 6-8 раз. А.А. Титлянова и Ю.Л. Цельникер (устное сообщение) полагают, что данные значения массы тонких корней завышены в 4-5 раз и фотосинтетический аппарат не в состоянии обеспечить подобный расход энергии на дыхание тонкой фракции, которая в некоторых случаях достигает 22-28% от количества углерода, ассимилированного при фотосинтезе (Цельникер, 2005). Автор принимал непосредственное участие при определении массы хвои у модельных деревьев, а также массы корней у тех же 22 деревьев в естественных сосняках и культурах Аман-Карагайского бора в возрасте 20-40 лет путем их послышной раскопки и отмывки с применением системы сит разного размера отверстий и гарантирует, что ошибки здесь нет.

Отношение фитомассы нижнего яруса к общей фитомассе древостоя наименьшая во 2-м и 3-м поясах и возрастает в направлениях как к 1-му, так и к 5-му поясам, а в пределах одного зонального пояса монотонно снижается в направлении полюса континентальности климата (рис. 2.29). Относительная фитомасса нижнего яруса, минимальная во 2-м зональном поясе, увеличивается в направлениях к 1-му и 5-му поясам, т.е. древостой в названных направлениях уступает свои продукционные позиции нижнему ярусу. Низкие значения относительной массы нижнего яруса вблизи полюса континентальности, возможно, связаны с преобладанием в районах многолетней мерзлоты сосняков-беломошников, в которых начисто отсутствует травянистая и кустарничковая растительность.

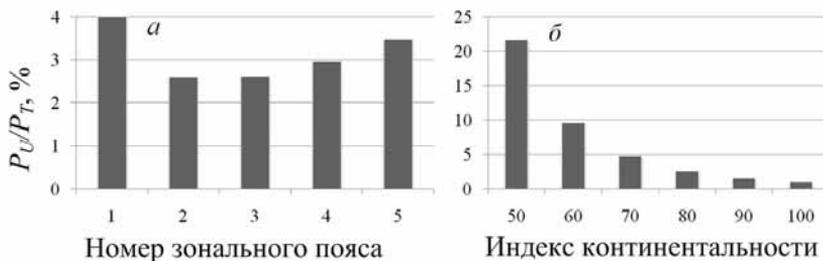


Рис. 2.29. Изменение отношения  $P_U/P_T$  в 100-летних сосняках в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, равном 80%, (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

## 2.3. Насаждения лиственницы (*Larix Mill.*)

### 2.3.1. Характеристика базы данных о фитомассе лиственничников в лесах Евразии

Для анализа географии биологической продуктивности лиственниц Евразии на уровне насаждений (т/га) нами использованы данные 540 пробных площадей (рис. 2.30) с определениями на них фитомассы (ствол, ветви, хвоя, корни, нижний ярус) разных видов рода *Larix Mill.* (Usoltsev, 2013). Распределение исходных данных по регионам Евразии представлено в табл. 2.3.



Рис. 2.30. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы (т/га) 540 насаждений лиственницы (род *Larix Mill.*) на территории Евразии.

### 2.3.2. Анализ структуры фитомассы лиственничников в пессимальных условиях лесотундры и степи

Широко распространенные бореальные и горные леса северного полушария сформированы в основном вечнозелеными видами. Как листопадное хвойное древесное растение, лиственница является обычным видом-лесообразователем в большей части горных и бореальных лесов северного полушария. Лиственничные леса произрастают главным образом в России, из зарубежных стран — в Канаде и небольшими участками в Китае, Японии и странах Западной Европы. Основные массивы лиственницы сосредоточены в Сибири, составляя 42 % всех российских лесов по занимаемой площади и 50% - по запасу фитомассы (Kajimoto et al., 2010).

Листопадная форма лиственницы означает ежегодную полную замену всей хвои, тогда как вечнозеленые виды ежегодно заменяют лишь небольшую

Таблица 2.3

Распределение по регионам Евразии пробных площадей, на которых определена фитомасса лиственныхников

№	Регион	Вид лиственныхицы	Систематическое название	Происхождение	Высота над уровнем моря, м	Северная широта	Восточная долгота	Число пробных площадей
1	Центральная Европа, Южные Альпы и Западные Карпаты	Европейская	<i>L. decidua</i> Mill.	Культуры, естественные	470-1820	44°00' - 57°10'	00°00' - 16°40'	11
2	Европейская территория России, от северной тайги до лесостепи	Японская	<i>L. leptolepis</i> Gord.	Культуры	50	52°30'	00°53'	2
3	Европейская территория России, от северной тайги до лесостепи	Сукачёва	<i>L. sukaczewii</i> N. Dyl.	Культуры	50-105	51°00' - 64°00'	30°00' - 63°00'	59
4	Тургайский прогиб, засушливая степь	Сукачёва	<i>L. sukaczewii</i> N. Dyl.	Культуры	100-120	52°20'	64°00'	10
5	Западная Сибирь, лесогондра в низовьях р. Пур	Сибирская	<i>L. sibirica</i> Ldb.	Естественное	25-30	67°00'	78°00'	11
6	Западная Сибирь, средняя тайга и лесостепь	Сибирская	<i>L. sibirica</i>	Естественное, культуры	25-30	55°00' - 64°00'	70°30' - 78°00'	7
7	Средняя Сибирь, от тундры до южной тайги	Гмелина, Чекановского	<i>L. Gmelinii</i> (Rupr.) Rupr., <i>L. czekanovskii</i> Turcz.	Естественное	70-600	57°10' - 72°28'	87°00' - 102°30'	70
8	Средняя Сибирь, Красноярская лесостепь, Западный Саян	Сибирская	<i>L. sibirica</i>	Культуры, естественное	25-1000	52°00' - 56°13'	89°00' - 95°30'	68
9	Восточная Сибирь, от северной до южной тайги	Каяндера, Гмелина	<i>L. cajandera</i> Maug., <i>L. Gmelinii</i>	Естественное	220-1160	60°20' - 68°00'	118°00' - 145°00'	59
9	Российское Забайкалье, средняя и южная тайга	Гмелина, Чекановского	<i>L. Gmelinii</i> , <i>L. czekanovskii</i>	Естественное	500-1400	51°00' - 57°00'	105°30' - 126°00'	41

Продолжение таблицы 2.3

№	Регион	Вид лиственныхицы	Систематическое название	Происхождение	Высота над уровнем моря, м	Северная широта	Восточная долгота	Число пробных площадей
10	Российский Дальний Восток, от северной тайги до хвойно-широколиственных лесов	Каяндера, Комарова, ольгинская	<i>L. sajanteri</i> Mayr., <i>L. komarovii</i> Kolesn., <i>L. olgensis</i> A.Henry	Естественное	65-900	45°00' 62°00'	135°00' 160°00'	42
11	Монголия	Чекановского, Гмелина	<i>L. czekanovskii</i> , <i>L. Gmelinii</i>	Естественное	100-1920	47°30'- 49°10'	100°00'- 110°00'	8
12	Северо-Западный Китай, Синьцзян-Уйгурский район, Алтай	Сибирская, ольгинская	<i>L. sibirica</i> , <i>L. olgensis</i>	Естественное, культуры	1200-2298	41°12'- 48°00'	81°00'- 117°40'	10
13	Северо-Восточный Китай, Внутренняя Монголия, Большой Хинган и др.	Гмелина	<i>L. Gmelinii</i>	Естественное, культуры	650-1280	42°20'- 52°44'	120°00'- 128°16'	78
14	Центральный Китай, провинции Шаньси, Сычуань и др.	Принца Рупрехта	<i>L. Principis-ruprechtii</i> Maugt	Естественное	1850-4240	28°35'- 37°50'	99°10'- 113°35'	18
15	Япония, гора Асибету, вулкан Ивате	Японская	<i>L. leptolepis</i> Gord.	Культуры	300-1040	35°00'- 43°13'	137°00'- 142°23'	46
Итого								540

часть общей ее массы. Затраты углерода, связанные с полной заменой листовой массы, ставят листопадный вид в невыгодные конкурентные условия, особенно в районах вечной мерзлоты с коротким вегетационным периодом. Например, на Камчатке почвенная мерзлота сокращает период жизнедеятельности тонких корней у лиственницы до двух недель в году (Усольцев, 2014).

У лиственницы поверхность хвои в 20 раз больше, чем у сосны, и в шесть раз больше, чем у ели (Дылис, Носова, 1977). Она обладает способностью энергичнее всех пород разлагать углекислоту атмосферы (Иванов, 1936). В условиях полного освещения количество разложенного углекислого газа, приходящегося на 1 кг массы хвои, у ели, пихты и сосны составляет соответственно 39, 59 и 75 % по отношению к аналогичному показателю лиственницы. При этом лиственница отличается наибольшим светолюбием: минимальная освещенность в зоне отмирания кроны составляет у бука, ели, сосны и лиственницы соответственно 1,7; 3,2; 10,5 и 16,7 % от освещенности открытого места (рис. 2.31).

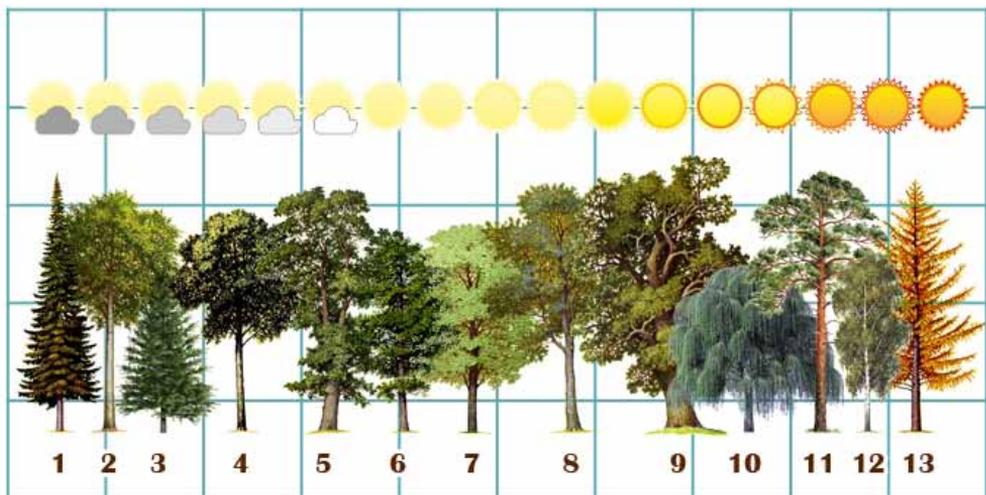


Рис. 2.31. Требования к освещенности у разных пород деревьев: 1 – пихта, 2 – бук, 3 – ель, 4 – граб, 5 – вяз, 6 – ольха черная, 7 – клен, 8 – ясень, 9 – дуб, 10 – ива, 11 – сосна, 12 – берёза, 13 – лиственница (<http://gornozavodsk.su/?p=5801>).

Всё многообразие видов *Larix* на территории Евразии упорядочено по климатическому градиенту, связанному с индексом континентальности (рис. 2.32). Наблюдается последовательная смена видов по градиенту континентальности климата: лиственницы европейская → Сукачева → сибирская → Чекановского → Гмелина → гибридная форма лиственниц Гмелина и Каяндера → Каяндера с индексами континентальности соответственно 30 → 50 → 60 → 75 → 80 → 90 → 100 % (см. рис.2.15).

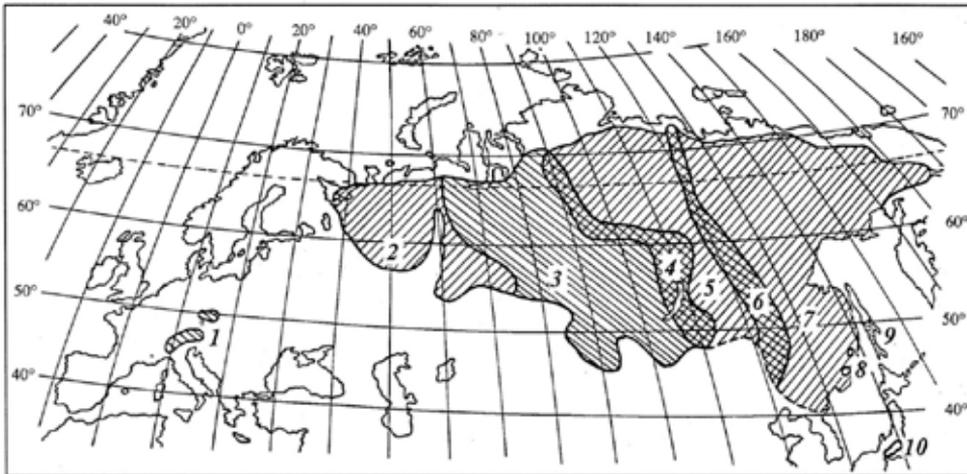


Рис. 2.32. Ареалы видов лиственницы (*Larix*) в Северной Евразии: *L. decidua* Mill. (1); *L. sukaczewii* N. Dyl. (2); *L. sibirica* Ledeb. (3); гибридная форма в полосе контакта ареалов *L. sibirica* и *L. gmelinii* (*L. × czekanovskii* Turcz.) (4); *L. gmelinii* (Rupr.) Rupr. (5); гибридные формы в полосе контакта ареалов *L. gmelinii* и *L. cajanderi* (6); *L. cajanderi* Mayr. (7); *L. maritima* Suk. (8); *L. kurilensis* Mayr. (9); *L. leptolepis* Gord. (10) (Абаимов и др., 1980).

К западу от основного азиатского ареала, на территории Восточной Европы лиственница произрастает главным образом в культуре (за исключением подзоны северной тайги), показывая здесь эталоны продуктивности, и её запасы достигают: на Карельском перешейке в возрасте 183 года – более 1800 м<sup>3</sup>/га, на Украине в возрасте 90 лет – около 980 м<sup>3</sup>/га (Яблоков, 1934), в сухой степи Тургайского прогиба (53°с.ш., 64°в.д.) в возрасте 40 лет – около 500 м<sup>3</sup>/га (Усольцев и др., 2014). В то же время, в пределах основного ареала, на многолетней мерзлоте в Якутии запас лиственницы в спелом возрасте редко достигает 100 м<sup>3</sup>/га (Усольцев, 2001).

Из выше упомянутых «специфических» характеристик лиственницы важнейшей является специфика углеродного баланса, связанная со структурой её фитомассы. Сопоставим названный показатель в pessимальных условиях роста лиственницы: в лесотундре (рис. 2.33-2.35) и степной зоне (рис. 2.36-2.37) Северной Евразии, взяв исходные характеристики фитомассы из опубликованной базы данных (Usoltsev, 2013).

В качестве северного предела привлечены материалы по лесотундре на многолетней мерзлоте: плакоры (67° с.ш. и 78° в.д.) и надпойменные террасы (66°30' с.ш. и 78° в.д.) бассейна реки Нгарки-Хадытояхи – правого притока Пура в его низовьях: 4 естественных лиственничника в возрасте от 45 до 102 лет на плакорах и 13 естественных лиственничников в возрасте от 25 до 350 лет на пойменных террасах (см. рис. 2.33-2.35). Южный предел произрастания лиственницы представлен чистыми 40-41-летними культурами на 10 пробных площадях в островных борах Тургайского прогиба, в условиях засушливой степи (53° с.ш., 64° в.д.) (см. рис. 2.36- 2.37).

Экологически специфичный полярный пояс на северном пределе ареала лиственницы представляет особый интерес при исследовании ее биологической продуктивности. Леса и редколесья мерзлотной зоны вследствие дефицита тепла отличаются от таежных лесов низкой продуктивностью древостоев, низкими запасами древесины и разреженным древесным пологом (Абаимов, 2004). В лесотундре лиственница тяготеет к рекам, ее продуктивность по поймам и надпойменным террасам соответствует продуктивности таежной зоны.

При этом можно наблюдать резкое различие морфоструктуры древостоев на экотоне *лес-тундра* при переходе от пойменных лиственничников у уреза воды (см. рис. 2.35) к плакорным на многолетней мерзлоте (см. рис. 2.34). Если первые вследствие дренажа и теплового и твердого речного стока (Мионов, Агафонов, 1992) практически не отличаются от аналогичных древостоев таежной зоны, то вторые представлены исключительно низкобонитетными разреженными сообществами на мерзлотных грунтах с маломощным почвенным горизонтом. В нижнем течении р. Пур, где были заложены наши пробные площади, сомкнутые лиственничные насаждения довольно высокой производительности продвигаются по пойме почти до устья реки и встречаются вплоть до Самбурга, достигая северной границы лесотундры. Здесь лиственница составляет 33 % площади лесов.

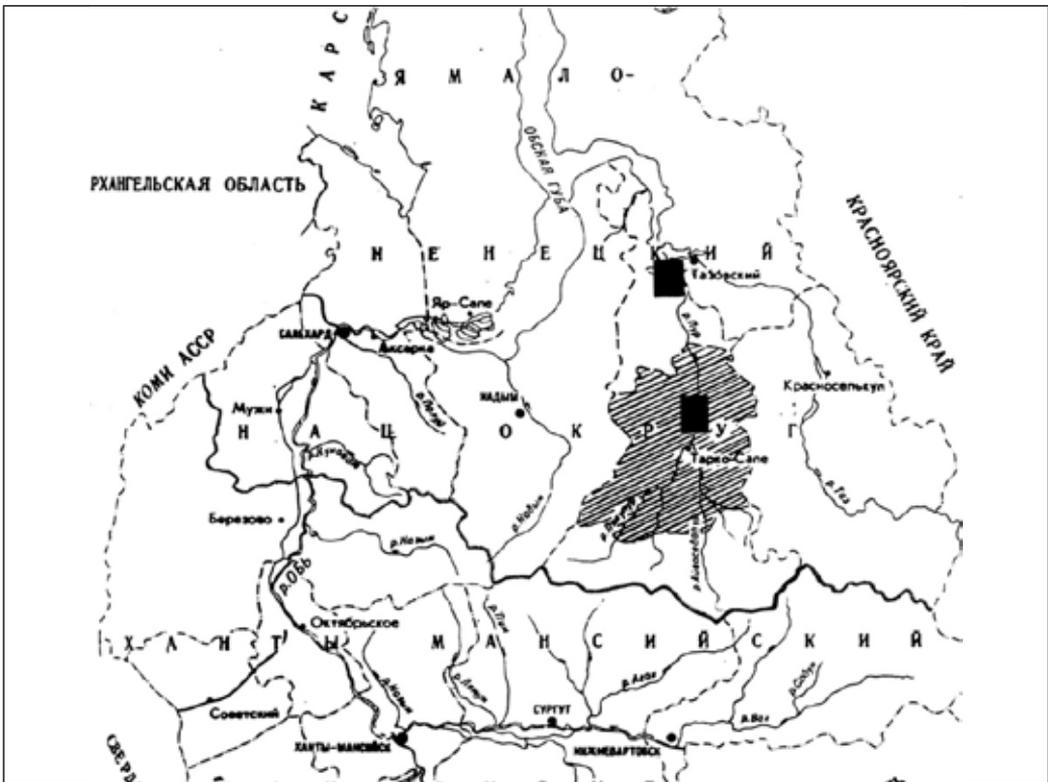


Рис. 2.33. Расположение мест закладки пробных площадей в лиственничниках низовий р. Пур (показаны квадратами).



Рис. 2.34. Типичный «островок» 100-летней лиственницы сибирской в лесотундре на плакорах.

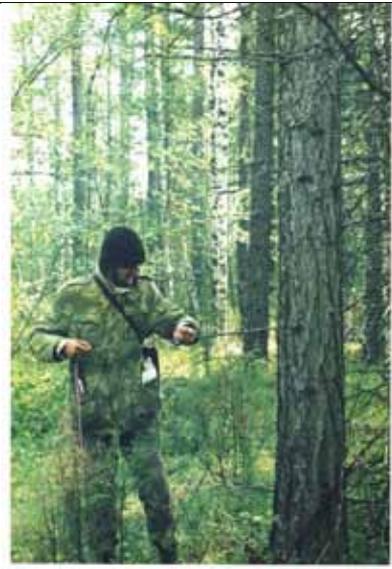


Рис. 2.35. Столетний лиственничник зеленомошно-ягодниковый в пойме р. Пур. Фото В.А. Усольцева.



Рис. 2.36. Расположение реликтовых островных боров в Тургайском прогибе: I – Ара-Карагай, II – Казанбасы, III – Аман-Карагай, IV- Наурзум-Карагай.



Рис. 2.37. Чистые культуры лиственницы, заложенные в начале 1970-х гг. в бывшем Боровском лесхозе бывшей Кустанайской области. Фото: ноябрь 2013 г.

Тургайский прогиб представляет собой область относительного погружения между Уралом и Казахским мелкосопочником. Вследствие более высокого уровня грунтовых вод по отношению к прилегающим степным ландшафтам здесь, несмотря на низкий уровень осадков (около 250 мм в год), произрастает сосна обыкновенная в виде островных боров, как чистых, так и с примесью берёзы и осины. Важной чертой климата является его резкая континентальность с амплитудой максимума и минимума температур 86<sup>0</sup>С. Испаряемость в летний период намного превосходит количество выпадающих осадков, что вызывает периодические засухи (Гудочкин, Чабан, 1958). Здесь, на южном пределе распространения лесной растительности, успешно культивируется лиственница, при этом она отличается от сосны более высокой устойчивостью к засухам, характеризуется более мощной корневой системой и не страдает от зимнего физиологического обезвоживания (Верзунов, 1980, 1986).

Таким образом, мы рассматриваем три типа местообитаний (табл. 2.4): два на северном пределе - лиственничники на плакорах и в пойме; третий – в степи Тургайского прогиба.

По данным табл.2.4 можно сделать предварительные выводы о некоторых особенностях продуктивности фитомассы лиственничников в названных местообитаниях. В частности, в III классе возраста надземная фитомасса древостоев лиственницы в степи в 12 раз выше, чем в условиях другой крайности, у Полярного круга на вечной мерзлоте на плакорах, и в 2 раза выше, чем там же, на припойменных террасах. Меньше всего различие лиственничников по фитомассе между сухой степью и лесотундрой на припойменных террасах: в последнем случае, как уже отмечалось, в результате дренажа и теплового стока условия произрастания соответствуют примерно подзоне средней тайги Урала (около III-IV классов бонитета).

Вследствие резко различающихся условий произрастания лиственницы в пойме и на плакоре (см. рис. 2.34 и 2.35) в возрасте 45 лет при близких густотах (1300–1700 деревьев на 1 га) общая фитомасса и масса хвои лиственничников в пойме соответственно в 7 и 2,4 раза выше, чем на плакорах.

Но по сравнению с культурами в степных условиях масса хвои в пойме в 3 раза ниже. При близких густотах в возрасте 40-45 лет лиственничники в лесотундре в пойменных условиях имеют запас стволовой древесины почти в 2 раза меньше, чем в степи, но в 8 раз больше, чем в лесотундре на плакоре.

Изложенное свидетельствует о специфических адаптационных механизмах лиственницы, наличие которых называют «интригующей загадкой» (Gower, Richards, 1990). И.А. Банникова с соавторами (1999) видят биологический смысл этих адаптаций в том, что в крайних условиях существования, когда «энергетическая цена» жизнедеятельности растёт, наиболее устойчивы те виды, которые поглощают максимум энергии и имеют возможность тратить больше энергии для роста.

## 2.3.3. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы лиственничников Евразии

Первые сопоставления биопродуктивности лесных насаждений на глобальном уровне осуществлялись по данным небольшого числа пробных площадей, которые усреднялись для того или иного типа леса по растительным формациям и экстраполировались на последние без учета возраста и морфоструктуры древесных ценозов (Родин, Базилевич, 1965; Базилевич, 1993). Поэтому Н.И. Базилевич (1993) пишет о трудностях, испытываемых ею при генерализации закономерностей распределения фитомассы лесов на территории Северной Евразии.

Первая попытка географического анализа базы данных о фитомассе лиственничников была осуществлена для территории только северной части Евразии с кодированием экорегионов блоковыми фиктивными переменными (Усольцев, 2001). Исходные данные фитомассы лиственничников в количестве 390 определений, позаимствованных из 80 источников, были распределены по трём поясам. Выделены полярный и таёжный поясы, причем полярный подразделён на два разных местообитания – плакоры и речные поймы, - и в каждом исследована динамика фитомассы лиственничников в связи с индексом континентальности по В. Ценкеру. Установлено, что по всем трём поясам надземная и общая фитомасса лиственничников снижается по мере приближения к полюсу континентальности (рис. 2.38).

Соотношение надземной и подземной фитомассы существенно изменяется по обоим климатическим градиентам. Если в Восточной Европе ( $ICC = 40\%$ ) отношение подземной фитомассы к надземной в таёжной зоне, полярном поясе в пойме и полярном на плакорах составляет соответственно 0,17; 0,46 и 0,71, то в Восточной Сибири ( $ICC = 90\%$ ) – 0,37; 0,52 и 0,80, т. е. доля корней увеличивается по мере возрастания жесткости лесорастительных условий как в направлении с юга на север, так и в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности (табл. 2.5).

Как уже упоминалось, в настоящем исследовании использована база данных в количестве 540 определений (см. табл. 2.3), существенно дополненная материалами по Китаю. Все пробные площади объединены для всего рода *Larix* и структурированы в географическом плане. Совместный анализ разных видов лиственницы вызван невозможностью произрастания одного и того же древесного вида на всей территории Евразии, в результате чего ареалы того или иного древесного вида в пределах рода *Larix* приурочены к определенным экорегионам (например, *L. decidua* Mill., *L. Gmelinii* (Rupr.) Rupr. и *L. Principis-ruprechtii* Mayr).

Таблица 2.4

Показатели надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии лиственных древесостоев, полученные на пробных площадях\*

№ п/п	Тип леса и класс бонитета	Состав	А, лет	N, экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га				
								P <sub>st</sub>	P <sub>brk</sub>	P <sub>br</sub>	P <sub>a</sub>	
<b>ЗАПАДНОСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. Лесогундра, плакоры</b>												
Низовья р. Пур. 67° с.ш., 78° в.д.												
1	Лиш. V	10Л	45	1740	6,6	7,6	24,2	11,5	1,93	2,56	0,74	14,8
2	Лиш. Va	8Л2Б	102	550	10,9	9,3	25,3	11,1	3,08	1,33	0,33	12,8
3	Лиш. Va	5Л3К2Е	100	677	11,9	9,5	38,0	16,6	4,84	2,82	1,06	20,5
4	Лиш. Va	7Л3Б	100	798	11,1	9,4	40,9	18,7	4,11	4,07	0,88	23,7
<b>ЗАПАДНОСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ. Лесогундра, пойменные террасы</b>												
Низовья р. Пур. р. Нгарка-Хадлыояха, Уренгой. 67° с.ш., 78° в.д.												
1	Злм.-яг. III	7Л2С1Б	25	6993	4,8	7,0	55,4	25,9	4,79	4,16	1,07	31,1
2	Злм.-яг. III	9Л1Б	27	5188	5,1	6,9	42,1	19,8	3,55	3,42	1,29	24,5
3	Злм.-яг. III	10Л	27	8555	5,8	8,0	111	53,1	7,87	6,70	2,43	62,2
4	Злм.-яг. IV	7Л3Б	29	10740	4,7	6,8	77,9	36,3	6,91	5,18	2,00	43,5
5	Пойм. II	10Л	45	1329	15,0	15,2	200	97,3	12,4	9,09	1,79	108,2
6	Злм.-яг. III	7Л3Б	46	7050	7,1	11,0	168	77,6	15,5	4,94	1,99	84,5
7	Баг.-брс. Va	7Л1К1Е1Б	76	7167	7,5	9,2	164	74,5	17,3	8,29	1,80	84,6
8	Баг.-брс. V	3Л3К3Б1Е	80	2100	12,0	13,0	177	82,0	16,4	8,28	2,02	92,3
9	Злм.-яг. IV	8Л1К1Б	100	438	19,0	19,3	121	59,2	8,95	6,06	1,21	66,5
10	Баг.-брс. V	7Л2Б1К	119	1825	14,7	16,3	262	120,1	25,5	9,31	2,65	132,1
11	Баг.-брс. V	6Л3К1Е	230	1195	17,6	16,2	249	111,5	27,6	4,86	1,59	118,0
12	Пойм. III	8Л1Е1Б	260	944	31,3	23,7	446	207,9	39,8	14,1	2,82	224,8
13	Злм.-яг. IV	5Л4К1Е	350	484	24,0	21,0	218	106,2	15,5	9,55	1,29	117,9

Продолжение таблицы 2.4

№ п/п	Тип леса и класс бонитета	Состав	А, лет	N, экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га							
								P <sub>st</sub>	P <sub>bark</sub>	P <sub>br</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>			
<b>ТУРГАЙСКИЙ ПРОГИБ, Сухая степь. 53<sup>0</sup> с.ш., 64<sup>0</sup>в.д.</b>															
1	Св. Ia	10Л	41	1516	19,6	17,3	498	209,9	-	17,2	4,44	231,5			
2	Св. Ia	10Л	41	811	21,4	15,5	275	109,2	-	14,9	6,24	130,3			
3	Св. Ia	10Л	40	1600	19,2	15,6	410	168,6	-	15,3	6,56	190,5			
4	Св. I	10Л	40	1633	18,1	14,4	326	135,5	-	21,5	7,87	164,9			
5	Св. I	10Л	40	1825	16,5	15,4	398	167,3	-	15,0	3,65	186,0			
6	Св. I	10Л	40	1200	18,9	14,9	297	116,7	-	14,0	4,00	134,7			
7	Сух. I,5	10Л	40	2350	16,7	14,8	391	180,1	-	15,7	6,72	202,6			
8	Сух. I,5	10Л	40	1750	17,9	14,4	343	142,6	-	22,2	8,14	173,0			
9	Сух. II	10Л	40	1950	18,4	16,8	468	228,9	-	21,6	6,26	256,8			
10	Сух. II	10Л	40	1475	18,7	15,6	365	143,4	-	17,4	4,94	165,8			

\* Обозначения: А – возраст; N – густота; D и H – средние диаметр и высота; M – запас стволловой древесины; P<sub>st</sub>, P<sub>bark</sub>, P<sub>br</sub>; P<sub>f</sub> и P<sub>a</sub> – фитомасса стволов в коре, коры, ветвей, хвой и надземная.

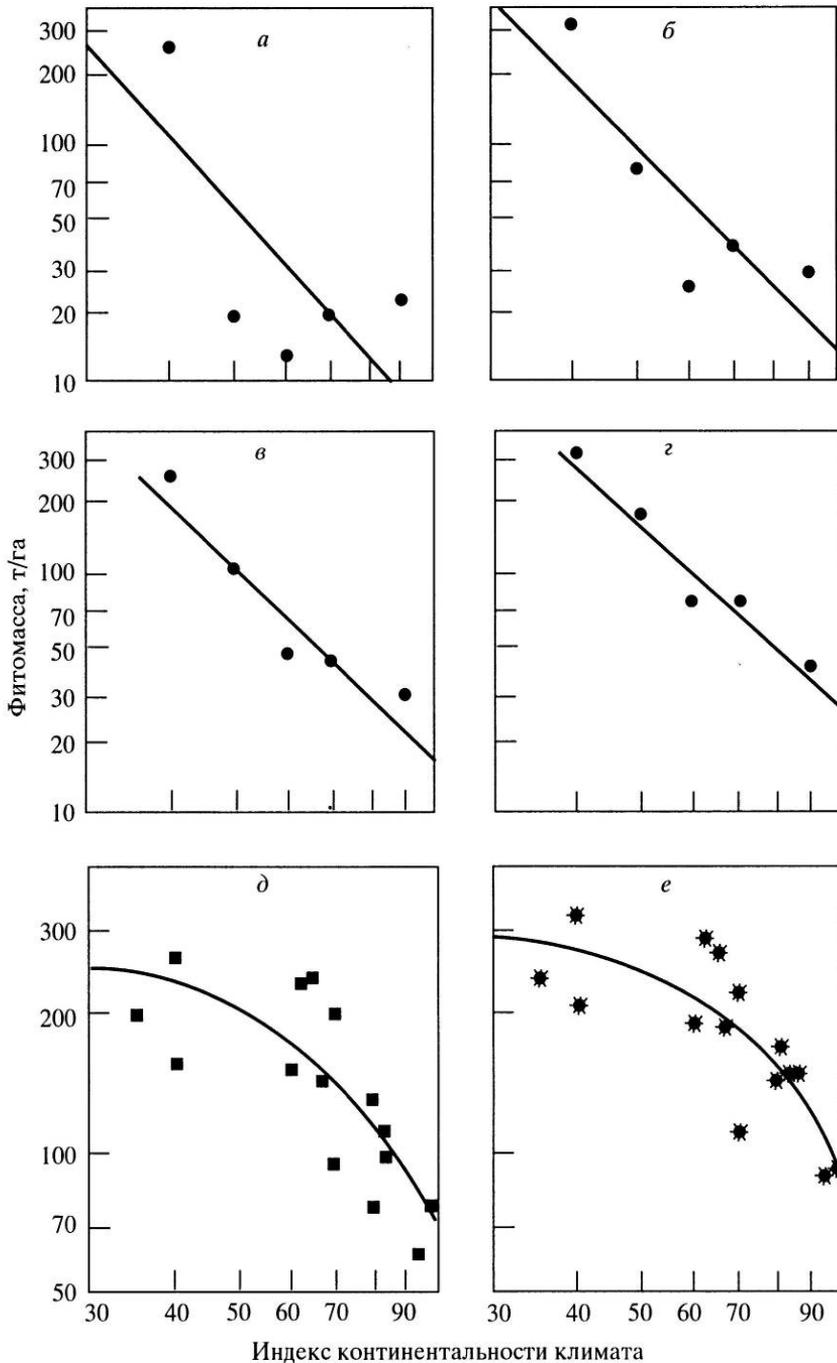


Рис. 2.38. Связь расчетных показателей фитомассы лиственничников Северной Евразии, приведенной к возрасту древостоев 100 лет, с индексом континентальности климата по В. Ценкеру (Усольцев, 2001): *a* и *б* – полярный пояс, плакорные (горные местообитания), соответственно надземная и общая фитомасса; *в* и *г* – полярный пояс, пойменные и долинные местообитания, соответственно надземная и общая фитомасса; *д* и *е* – таёжная зона Евразии (за вычетом полярного пояса Сибири и Дальнего Востока), соответственно надземная и общая фитомасса.

Таблица 2.5

Соотношения фракций фитомассы лиственничников Северной Евразии в возрасте 100 лет в связи с индексом континентальности климата

Фракции фитомассы	Индекс континентальности					
	40	50	60	70	80	90
Плакоры полярного пояса						
Надземная <i>Pabo</i> , т/га	104	54	31	20	14	10
Подземная <i>Proot</i> , т/га	74	40	25	16	11	8
Отношение <i>Proot</i> : <i>Pabo</i>	0,71	0,74	0,80	0,80	0,80	0,80
Поймы полярного пояса						
Надземная <i>Pabo</i> , т/га	200	110	68	45	32	23
Подземная <i>Proot</i> , т/га	92	53	34	23	16	12
Отношение <i>Proot</i> : <i>Pabo</i>	0,46	0,48	0,50	0,50	0,50	0,52
Таёжная зона						
Надземная <i>Pabo</i> , т/га	236	201	165	134	107	86
Подземная <i>Proot</i> , т/га	40	40	38	37	34	32
Отношение <i>Proot</i> : <i>Pabo</i>	0,17	0,20	0,23	0,28	0,32	0,37

С целью выявления закономерностей в изменении фитомассы лиственничных лесов на территории Евразии по двум климатическим градиентам каждая пробная площадь, на которой было выполнено определение фитомассы насаждений, позиционирована по зональным поясам (от 1-го до 5-го) на карте-схеме Евразии (рис. 2.39) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт (рис. 2.40), рассчитанных по В. Ценкеру.

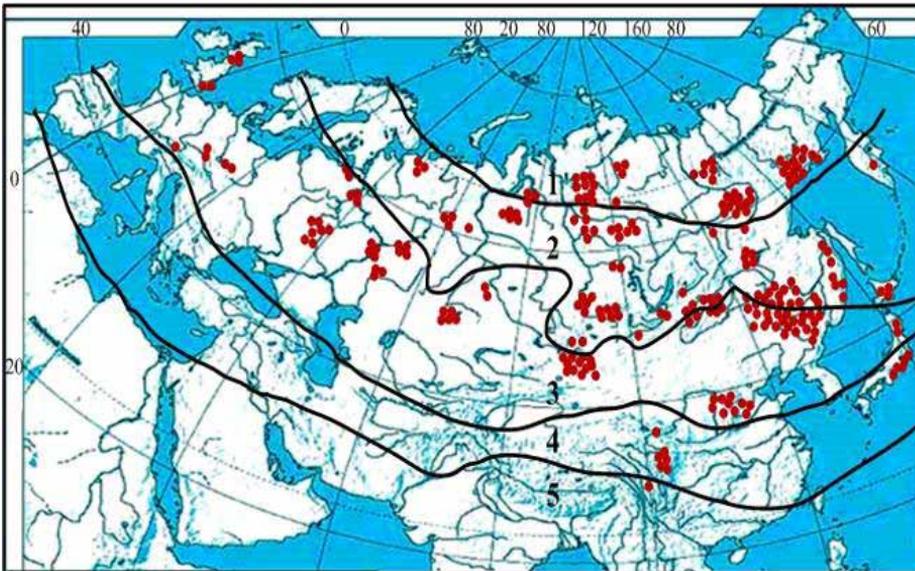


Рис. 2.39. Распределение пробных площадей, на которых определена фитомасса лиственничников, по зональным поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 - субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967).

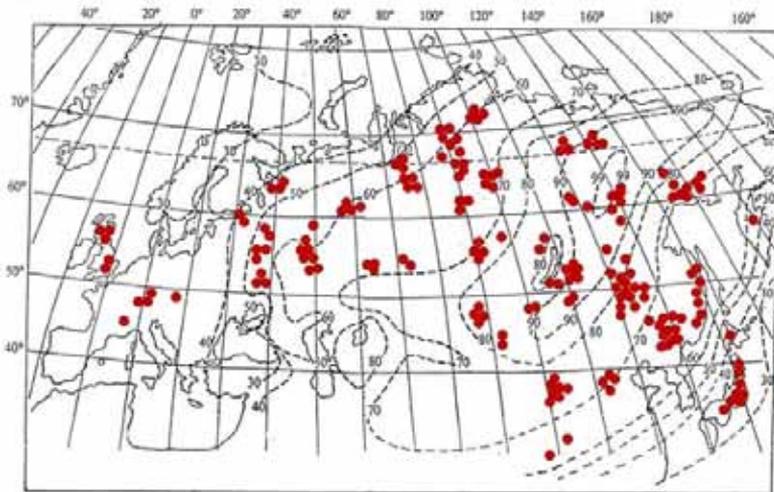


Рис. 2.40. Карта-схема изолиний континентальности климата Евразии, рассчитанных А.А. Борисовым (1967) по упрощенной формуле В. Ценкера с нанесенным положением пробных площадей, на которых выполнено определение фитомассы лиственных насаждений.

По массиву исходных данных в количестве 540 определений выполнен многофакторный регрессионный анализ климатической ординации запаса стволовой древесины и фитомассы лиственных насаждений согласно рекурсивной системе уравнений с тем отличием от аналогичных уравнений для сосняков (2.4), что в данном случае вместо карты-схемы С.П. Хромова использована карта-схема, построенная по В. Ценкеру.

$$N = f(A, Zon, ICC) \rightarrow M = f(A, N, Zon, ICC) \rightarrow P_i = f(A, N, M, Zon, ICC), \quad (2.5)$$

где  $ICC$  – индекс континентальности климата по В. Ценкеру, %.

В показатели надземной  $P_A$  и общей  $P_T$  фитомассы входит только фитомасса древостоя (без нижнего яруса). Посредством регрессионного анализа получена характеристика системы уравнений (2.5), приведенная в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Характеристика системы уравнений (2.5)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.5)					
	$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln N)$	$a_4(\ln N)^2$	$a_5(\ln M)$
$\ln(N)$	3,7817	-1,7388	0,089	-	-	-
$\ln(M)$	-2,5694	3,1078	-0,2815	0,2645	-	-
$\ln(P_S)$	-0,8444	-0,1810	0,0215	-0,0294	-	0,9877
$\ln(P_B)$	3,2133	-1,4283	0,1472	-	-	0,6936
$\ln(P_F)$	1,5344	-1,7994	0,1751	0,1757	-0,0200	0,6235
$\ln(P_R)$	0,2610	0,1431	-	0,1703	-	0,7333
$\ln(P_A)$	0,7916	-0,5184	0,0583	-	-	0,9094
$\ln(P_T)$	1,6132	-0,6349	0,0745	-	-	0,9073
$\ln(P_U)$	-1,5300	-3,0158	0,4768	0,4523	-	-0,8361

	$a_6 \ln(Zon)$	$a_7 (\ln Zon)^2$	$a_8 \ln(ICC)$	R <sup>2</sup>	SE
$\ln(N)$	-0,5359	-	0,5831	0,566	0,59
$\ln(M)$	2,0589	-0,5801	-0,3654	0,541	0,56
$\ln(P_s)$	0,1086	-0,1255	0,1435	0,985	0,15
$\ln(P_B)$	0,6134	-0,5145	-0,2752	0,768	0,41
$\ln(P_F)$	0,3759	-0,3007	0,1604	0,707	0,53
$\ln(P_R)$	0,0539	-0,2484	-0,2959	0,764	0,38
$\ln(P_A)$	0,2273	-0,2042	0,0599	0,975	0,18
$\ln(P_T)$	0,1043	-0,1859	-0,0113	0,955	0,19
$\ln(P_U)$	2,6248	-0,6158	2,1051	0,607	0,68

Путем последовательного табулирования системы уравнений, приведенных в табл. 2.6, получены возрастные тренды искомым величин для каждого зонального пояса и в пределах его – для индексов континентальности климата территории в пределах от 35 до 95 % (приложение 2). С расчетных возрастных трендов взяты значения фитомассы фракций в возрасте 100 лет и построены графики их зависимости от соответствующих значений индекса континентальности в зональном поясе 3 и графики зависимости тех же значений фитомассы при индексе континентальности климата, равном 75%, от порядкового номера зонального пояса (рис. 2.41-2.43).

При фиксированном индексе континентальности наблюдается монотонное увеличение надземной фитомассы в направлении от 1-го зонального пояса к 4-му с незначительным снижением в 5-м поясе (см. рис. 2.41). Представленные графики показывают монотонное снижение надземной фитомассы древостоев лиственницы и соответственно увеличение фитомассы нижнего яруса в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности. В условиях повышенной континентальности климата древостой уступает свои продукционные позиции в фитоценозе нижнему ярусу, и по мере снижения фитомассы древесного яруса повышается фитомасса нижнего и наоборот (см. рис. 2.42-2.43).

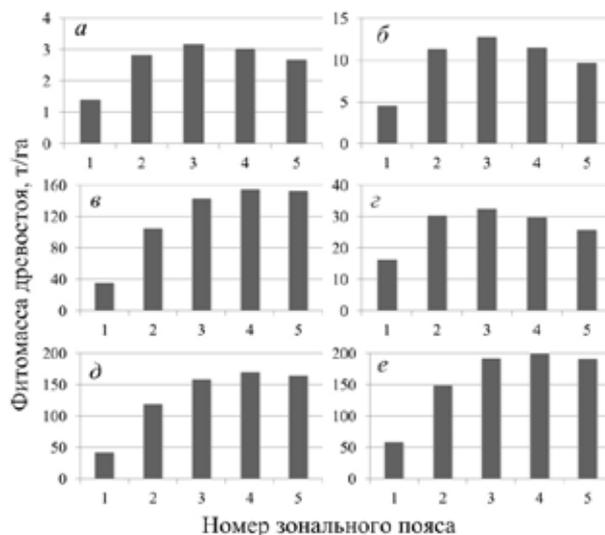


Рис. 2.41. Изменение расчетных показателей фитомассы лиственницы, т/га: хвой (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по В. Ценкеру, равном 75%.

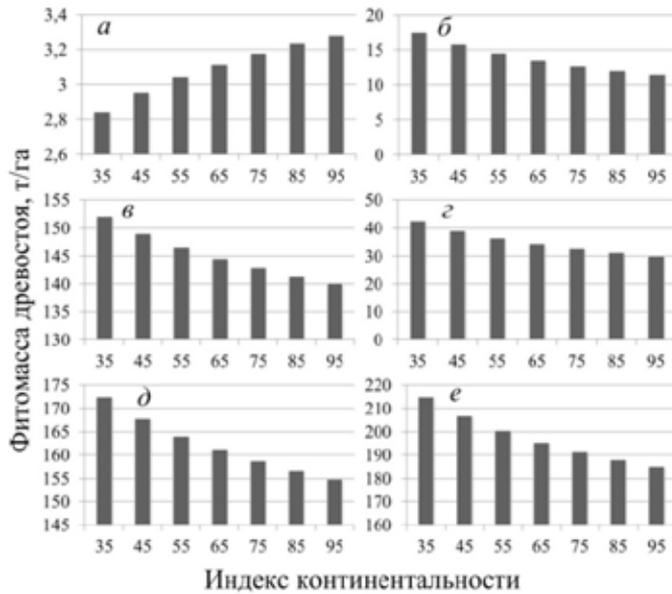


Рис. 2.42. Изменение расчетных показателей фитомассы лиственницы, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 2.20).

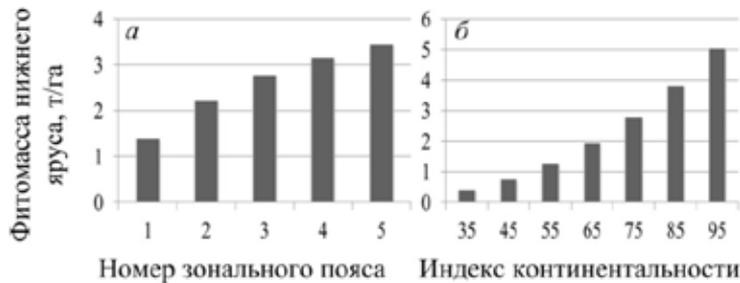


Рис. 2.43. Связь расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в возрасте 100 лет с зональной принадлежностью лиственничников при индексе континентальности климата, равном 75% (а) и с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Отношение  $P_R/P_A$  в 100-летнем возрасте снижается по мере приближения к полюсу континентальности в пределах того или иного зонального пояса и в направлении от 1-го к 5-му зональному поясу при фиксированном индексе континентальности (рис. 2.44). Отношение фитомассы нижнего яруса к общей фитомассе древостоя возрастает в направлении к полюсу континентальности в пределах одного зонального пояса, а при фиксированном индексе континентальности снижается в направлении от 1-го ко 2-му зональному поясу, а затем к 5-му поясу существенно увеличивается (рис. 2.45).

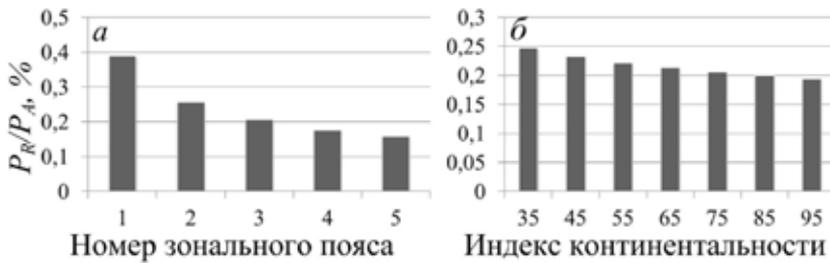


Рис. 2.44. Изменение отношения  $P_R/P_A$  в 100-летних лиственных лесах в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, по В. Ценкеру, равном 75% (а) и с индексом континентальности в южном умеренном климатическом поясе (б).

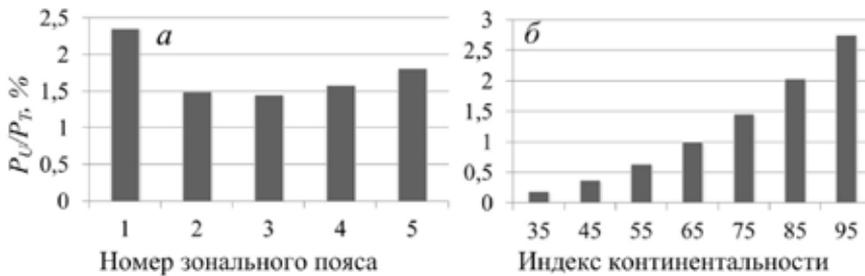


Рис. 2.45. Изменение отношения  $P_U/P_T$  в 100-летних лиственных лесах в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, равном 75%, (а) и с индексом континентальности в южном умеренном климатическом поясе (б).

## 2.4. Насаждения ели и пихты (*Picea* Dietr. и *Abies* Mill.)

### 2.4.1. Характеристика базы данных о фитомассе елово-пихтарников в лесах Евразии

Известно, что темнохвойные леса бореальной зоны в значительной степени представлены смешанными елово-пихтовыми древостоями: ель и пихта обычно растут совместно с преобладанием той или другой породы. Специальным сравнительным исследованием ельников с примесью пихты (с долей участия ели от 60 до 90%) и пихтарников с примесью ели (с долей участия пихты от 60 до 90%) в условиях Урала не выявлено статистически значимого различия биологической продуктивности тех и других в возрастном диапазоне от 20 до 130 лет (Усольцев и др., 2012).

Нет различий между елью и пихтой и на уровне дерева. На основе сформированной базы данных о фитомассе 926 и 109 модельных деревьев соответственно ели (*Picea* L.) и пихты (*Abies* L.), произрастающих в лесах Евразии, установлено, что у деревьев равного возраста и одинаковых размеров нет статистически значимых различий ели и пихты как по абсолютной величине фитомассы, так и по их фракционной структуре (Усольцев и др.,

2015). Ещё раньше Г. Бургером в Швейцарских Альпах было установлено отсутствие различия массы кроны у равновеликих деревьев ели европейской и пихты белой (Burger, 1939). С учетом сказанного в ходе нашего исследования сформирована единая база данных о фитомассе насаждений ели и пихты, как с преобладанием той или другой из названных пород, так и чистых ельников и пихтарников (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Распределение количества пробных площадей с определениями фитомассы елово-пихтарников (т/га) по видам и странам

Преобладающий вид	Систематическое название	Страна	Количество пробных площадей
Ель европейская	<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.	Австрия, Белоруссия, Бельгия, Болгария, Германия, Дания, Италия, Латвия, Литва, Норвегия, Россия, Словакия, Украина, Финляндия, Франция, Чехия, Швеция, Эстония, Япония	554
Е. аянская	<i>P. jezoensis</i> (S.&Z.) Carrière	Китай, Россия	190
Е. сибирская	<i>P. obovata</i> L.	Россия	144
Е. Шренка	<i>P. schrenkiana</i> F. & C.A.Mey.	Казахстан, Китай	58
Е. ситхинская	<i>P. sitchensis</i> (Bong.) Carrière	Великобритания, Ирландия	12
Е. пурпурная	<i>P. purpurea</i> Masters	Китай	4
Е. восточная	<i>P. orientalis</i> Link	Грузия, Россия	4
Е. корейская	<i>P. koraiensis</i> Nakai	Япония	2
Пихта сибирская	<i>Abies sibirica</i> L.	Россия	143
П. китайская колючая	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	Китай	97
П. европейская	<i>A. alba</i> Mill.	Италия, Румыния, Украина	65
П. Вича	<i>A. veitchii</i> Lindl.	Япония	28
П. белокожая	<i>A. nephrolepis</i> (Trautv.) Maxim.	Россия	12
П. сильная	<i>A. firma</i> Sieb. et Zucc.	Япония	11
П. сахалинская	<i>A. sachalinensis</i> (Schmidt.) Mast.	Япония	8
П. замечательная	<i>A. spectabilis</i> (D.Don) Mirb.	Непал	6
П. кавказская	<i>A. nordmanniana</i> (Steven) Spach.	Россия	5
Итого			1343

Сформированная база данных о фитомассе елово-пихтарников Евразии состоит из 1343 определений на пробных площадях, в том числе 770 – в насаждениях с преобладанием ели и 373 – в насаждениях с преобладанием пихты (Usoltsev, 2013). На республики бывшего СССР приходится 776 пробных площадей (около 58%), в том числе на Россию – 565 (около 42%). Распределение пробных площадей с определениями фитомассы насаждений на карте-схеме Евразии показано на рис. 2.46, а по древесным видам и странам – в табл. 2.7.

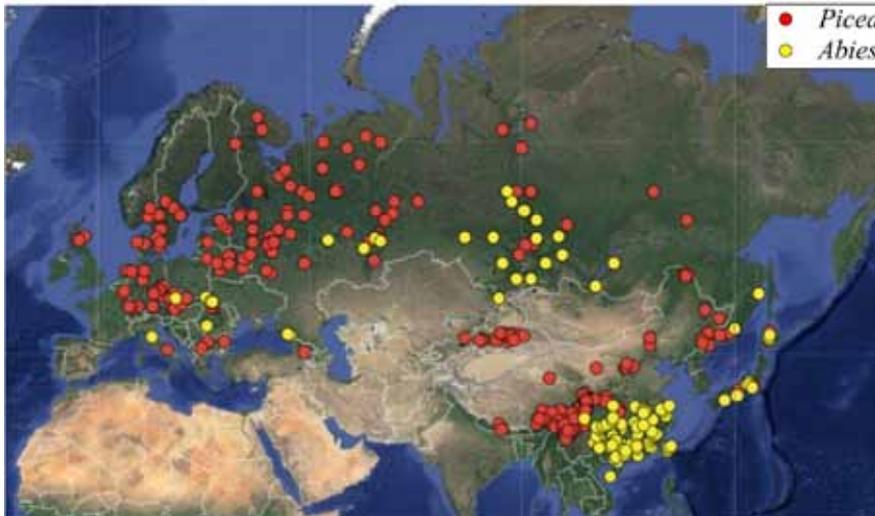


Рис. 2.46. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы (т/га) 1343 елово-пихтовых насаждений на территории Евразии.

### ***2.4.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы елово-пихтарников Евразии***

Как и в предыдущем случае, географический анализ фитомассы еловых и пихтовых насаждений в первом варианте был осуществлен для территории только Северной Евразии (Усольцев, 1998, 2001, 2007), поскольку для всей Евразии данных тогда не было. Породы анализировались отдельно. Трансконтинентальные регрессии фитомассы рассчитывались в два этапа с применением блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973).

Для ельников Северной Евразии зональный градиент фитомассы был совмещён с картой-схемой среднемесячных значений суммы эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  по С. Тукканену (см. рис. 2.12), а градиент фитомассы по континентальности климата - с картой-схемой изоконт, построенной А.А. Борисовым (1967) по формуле Ценкера (см. рис. 2.15).

В результате регрессионного анализа исходных данных фитомассы ельников, приведённых к возрасту 100 лет, установлено снижение величины фитомассы как по мере уменьшения суммы эффективных температур (в северном направлении), так и по мере приближения к полюсу континентальности в Якутии от атлантического и тихоокеанского побережий (рис. 2.47).

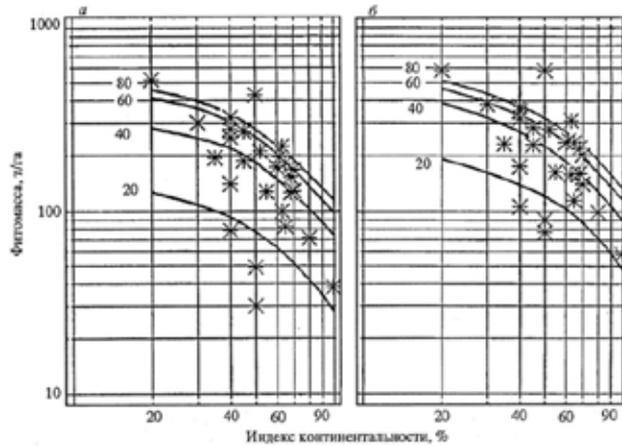


Рис. 2.47. Связь расчетных показателей надземной (а) и общей (б) абсолютно сухой фитомассы ельников Северной Евразии в возрасте 100 лет с индексом континентальности климата, по В. Ценкеру, и суммой эффективных температур ( $^{\circ}\text{C}$ ), обозначенной цифрами (Усольцев, 2007).

Географический анализ фитомассы пихтарников был выполнен также с применением блоковых фиктивных переменных, но только по градиенту континентальности климата по С.П. Хромову (см. рис. 2.18). Было установлено статистически значимое снижение надземной и общей фитомассы пихтарников в связи с повышением континентальности климата (рис. 2.48).

Настоящим исследованием охвачена территория всей Евразии, включая Китай. Материалы пробных площадей, представленные в табл. 2.3, объединены для ели и пихты в один исходный массив, структурированный в географическом плане. Фактические значения фитомассы 1343 елово-пихтовых насаждений (см. рис. 2.46) соотнесены с пятью климатическими (зональными) поясами (рис. 2.49), а также с индексами континентальности территории Евразии по С.П. Хромову (рис. 2.50), путем нанесения координат каждой пробной площади на упомянутые карты-схемы.

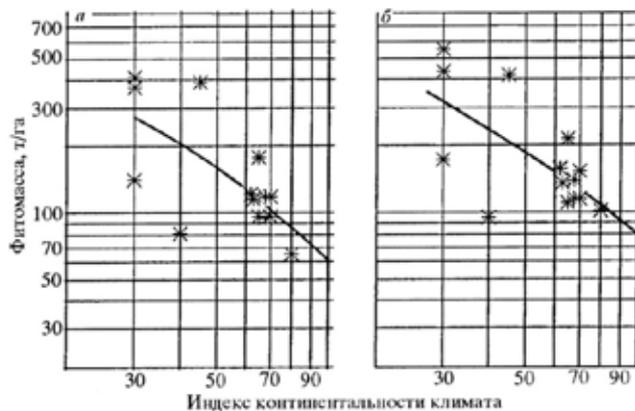


Рис. 2.48. Связь расчетных показателей надземной (а) и общей (б) абсолютно сухой фитомассы пихтарников Северной Евразии в возрасте 100 лет с индексом континентальности климата, по С.П. Хромову (Усольцев, 2001).

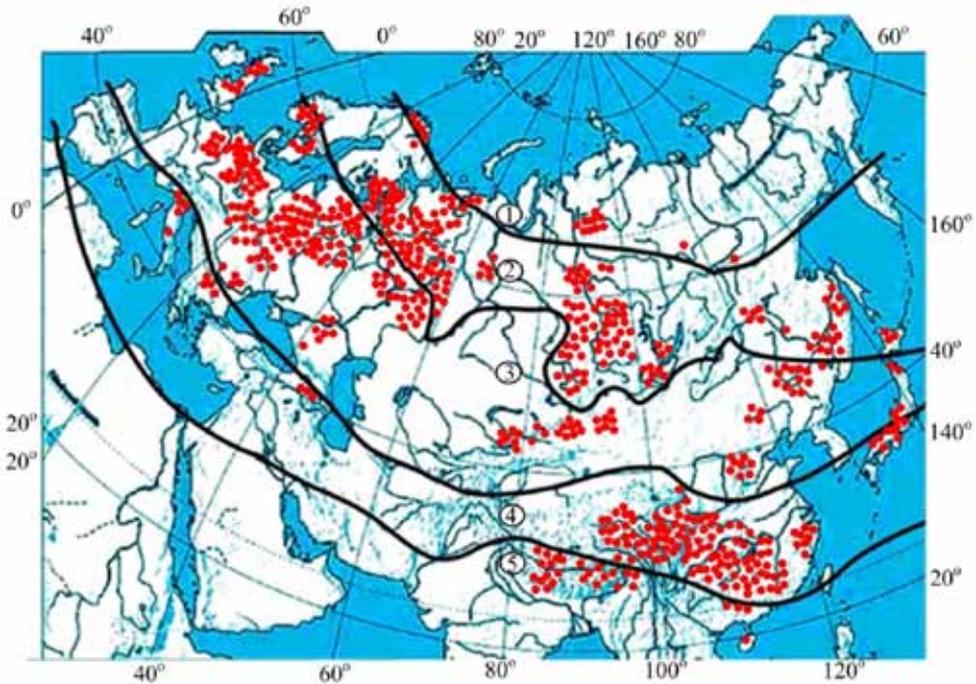


Рис. 2.49. Распределение пробных площадей, на которых определена фитомасса елово-пихтовых насаждений (т/га) Евразии. Обозначения см. на рис. 2.20.

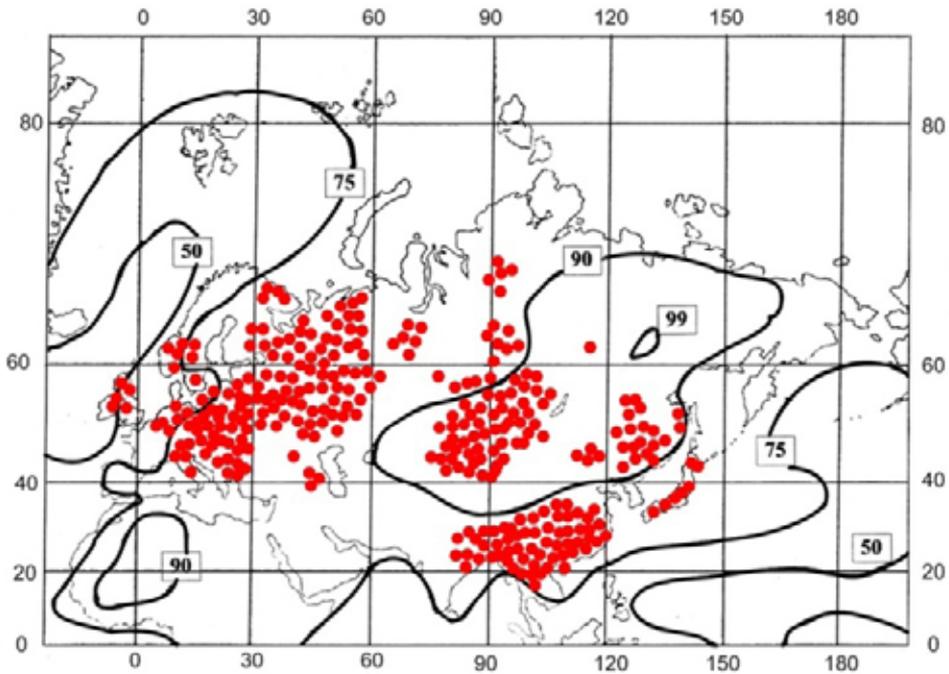


Рис. 2.50. Карта-схема изолиний континентальности климата Евразии (Хромов, 1957) с нанесенным положением пробных площадей, на которых выполнено определение фитомассы елово-пихтовых насаждений (т/га).

По результатам совмещения сформирован массив исходных данных и рассчитана система связанных (рекурсивных) уравнений (2.4), структура которой аналогична той, что использована выше при моделировании климатических градиентов фитомассы сосняков. Характеристика полученных уравнений приведена в табл. 2.8.

*Таблица 2.8*

Характеристика уравнений (2.4) для елово-пихтовых насаждений Евразии

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					
	$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln N)$	$a_4(\ln N)^2$	$a_5(\ln M)$
$\ln(N)$	4,5618	-1,7526	0,1043	-	-	-
$\ln(M)$	1,6064	4,8673	-0,5070	-0,0513	-	-
$\ln(P_S)$	0,2418	0,4991	-0,0496	0,0431	-	0,9646
$\ln(P_B)$	2,2327	0,0704	-	0,1403	-0,0163	1,1627
$\ln(P_F)$	6,9741	-0,0546	-	0,2155	-0,0183	0,8913
$\ln(P_R)$	432	0,2097	-	0,1234	-	0,8063
$\ln(P_A)$	3,2649	0,0645	-	0,0502	-	0,9736
$\ln(P_T)$	3,8273	0,0996	-	0,0434	-	0,9758
$\ln(P_U)$	-9,0813	-3,5192	0,4513	0,0877	-	0,1648

*Продолжение таблицы 2.8*

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные				R <sup>2</sup>	SE
	$a_6(\ln M)^2$	$a_7 \ln(Zon)$	$a_8(\ln Zon)^2$	$a_9 \ln(ICKh)$		
$\ln(N)$	-	-0,5658	-	0,3627	0,555	0,58
$\ln(M)$	-	1,9093	-0,4083	-1,9991	0,654	0,54
$\ln(P_S)$	-	0,0955	-0,0896	-0,4966	0,984	0,16
$\ln(P_B)$	-0,0574	1,5001	-0,9012	-1,1131	0,848	0,39
$\ln(P_F)$	-0,0433	1,7634	-0,9477	-1,9892	0,735	0,43
$\ln(P_R)$	-	0,6548	-0,4630	-1,4362	0,910	0,37
$\ln(P_A)$	-0,0148	0,5686	-0,3352	-0,8642	0,972	0,18
$\ln(P_T)$	-0,0181	0,7007	-0,4200	-0,9630	0,974	0,20
$\ln(P_U)$	-	-3,2494	2,0896	3,7656	0,397	0,63

Соотношение фактических и полученных по уравнениям (2.4) значений анализируемых показателей показано на рис. 2.51-2.53.

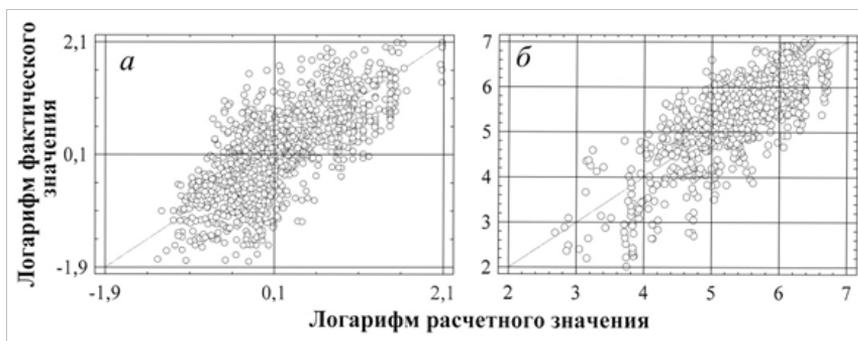


Рис. 2.51. Соотношение фактических и расчетных значений  $N$  (а) и  $M$  (б), полученных согласно уравнениям (2.4) для елово-пихтовых насаждений Евразии.

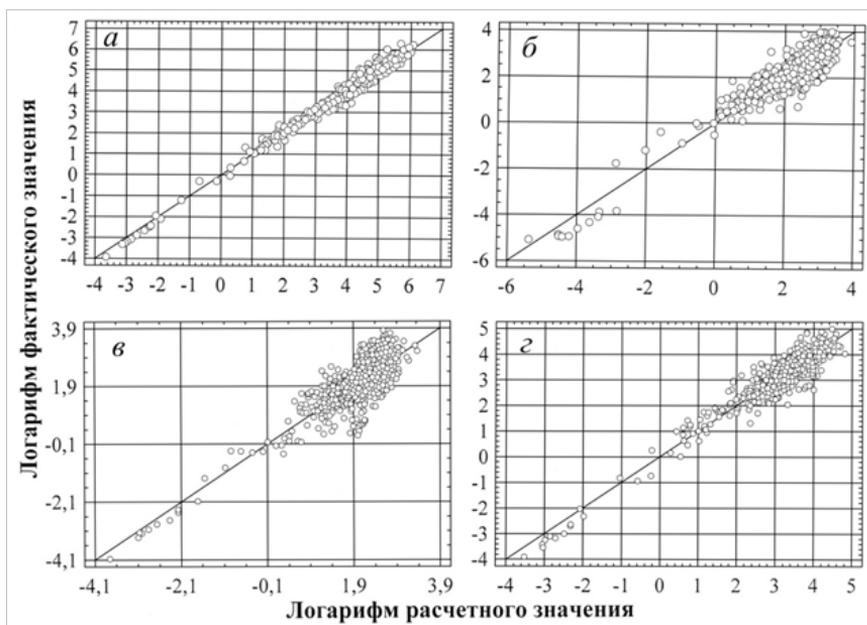


Рис. 2.52. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_S$  (а),  $P_B$  (б),  $P_F$  (в) и  $P_R$  (г), полученных согласно уравнениям (2.4) для елово-пихтовых насаждений Евразии.

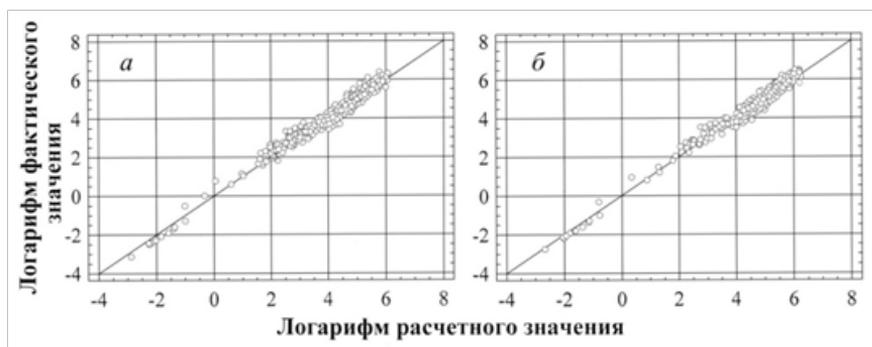


Рис. 2.53. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_A$  (а) и  $P_T$  (б), полученных согласно уравнениям (2.4) для елово-пихтовых насаждений Евразии

Уравнения таблицы 2.4 протабулированы в последовательности, показанной стрелками, по задаваемым значениям возраста в диапазоне от 10 до 200 лет (приложение 3). Из полученной таблицы взяты значения искомых показателей для возраста 100 лет и представлены в виде графиков их связи как с зональностью территории, так и с континентальностью ее климата (рис. 2.54 и 2.55).

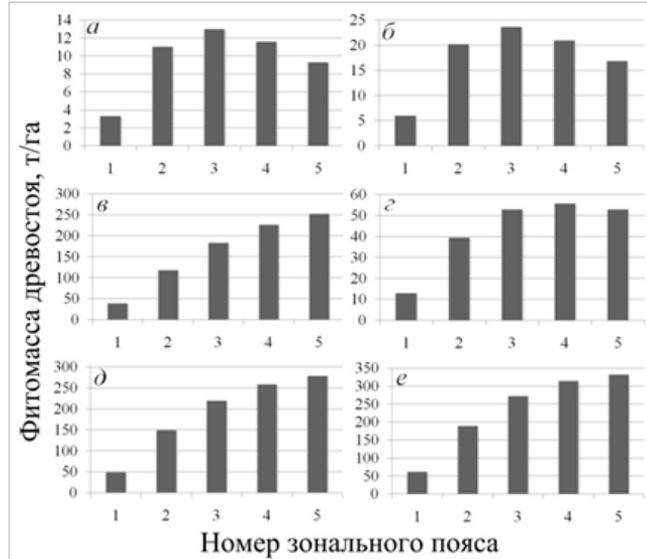


Рис. 2.54. Изменение расчетных показателей фитомассы елово-пихтарников, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 80%.

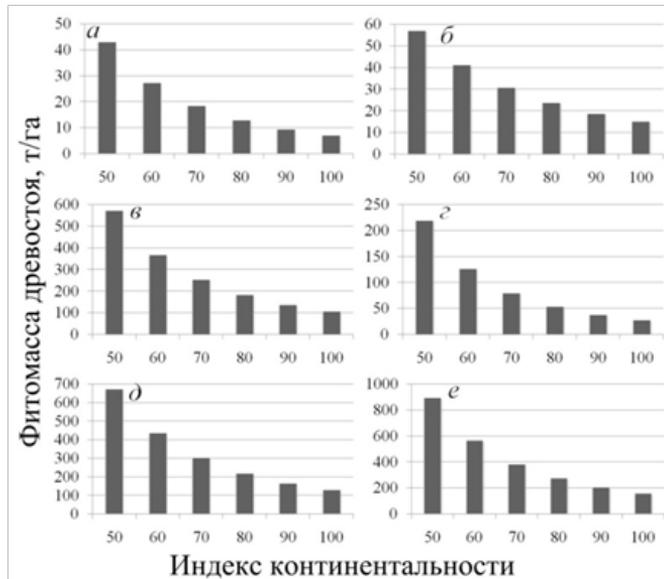


Рис. 2.55. Изменение расчетных показателей фитомассы елово-пихтарников, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 2.20).

Согласно полученным результатам масса хвои и ветвей елово-пихтарников изменяется по колоколообразной кривой с максимумом в 3-м зональном поясе (рис. 2.54 *a, б*), а масса стволов и корней, надземная и общая фитомасса монотонно возрастает в направлении от 1-го к 5-му зональным поясам (рис. 2.54 *в, г, д, e*).

При фиксированном зональном поясе (пояс 3) все фракции фитомассы и её совокупные показатели в елово-пихтарниках, как и в сосняках, монотонно снижаются в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии (рис. 2.55).

Необходимо отметить, что, несмотря на разные алгоритмы расчётов и различия в начальных условиях при моделировании фитомассы елово-пихтарников на территории Северной Евразии (см. рис. 2.47 и 2.48) и данного анализа на территории всей Евразии (см. рис. 2.54 *д, e* и 2.55 *д, e*), а именно, – на разные базовые карты-схемы зонального градиента и разные географические диапазоны при анализе изменения фитомассы в связи с континентальностью климата, закономерности климатически обусловленных трендов фитомассы одни и те же.

Изменение расчетных показателей фитомассы нижнего яруса по транс-континентальным градиентам елово-пихтарников (рис. 2.56) отличается от таковых для сосняков (см. рис. 2.27), т.е. не повторяет закономерности изменения надземной и общей фитомассы, как наблюдалось в сосняках. В противоположность соснякам, фитомасса нижнего яруса в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии не снижается, а возрастает (рис. 2.56 *б*). Минимальная фитомасса нижнего яруса приходится на 2-й зональный пояс (северный умеренный) и увеличивается в направлении субарктического и субэкваториального поясов (рис. 2.56 *б*).

Отношение подземной фитомассы к надземной ( $P_R/P_A$ ) снижается как в направлении от субарктического к субэкваториальному поясу, так и в направлении полюса континентальности климата (рис. 2.57).

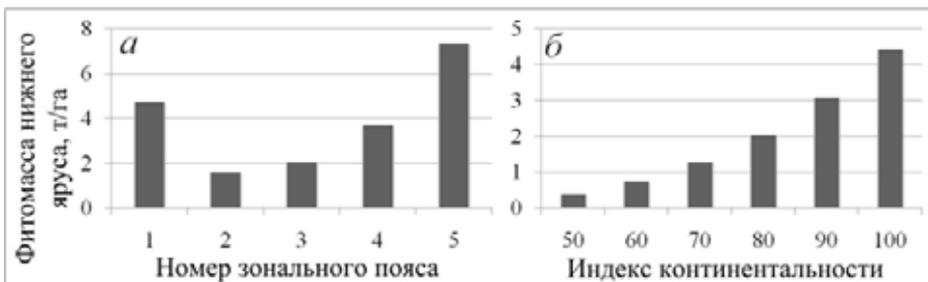


Рис. 2.56. Связь расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в возрасте 100 лет с зональной принадлежностью елово-пихтарников при индексе континентальности климата, равном 80% (*a*) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (*б*).

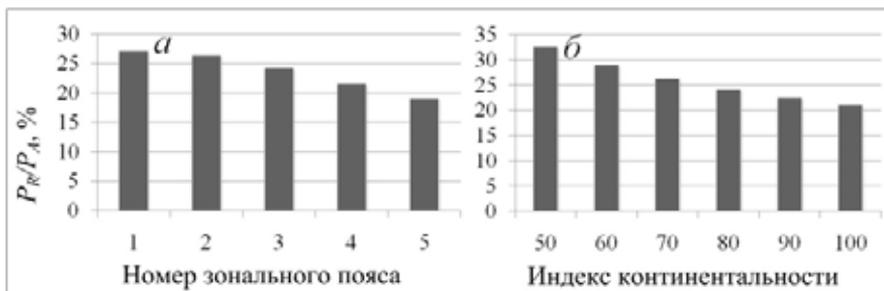


Рис. 2.57. Изменение отношения  $P_R/P_A$  в 100-летних елово-пихтарниках в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, по С.П. Хромову, равном 80% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Отношение фитомассы нижнего яруса к общей фитомассе древостоя снижается в направлении от субарктического пояса к умеренному и затем увеличивается вплоть до субэкваториального пояса, а в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности монотонно возрастает (рис. 2.58).

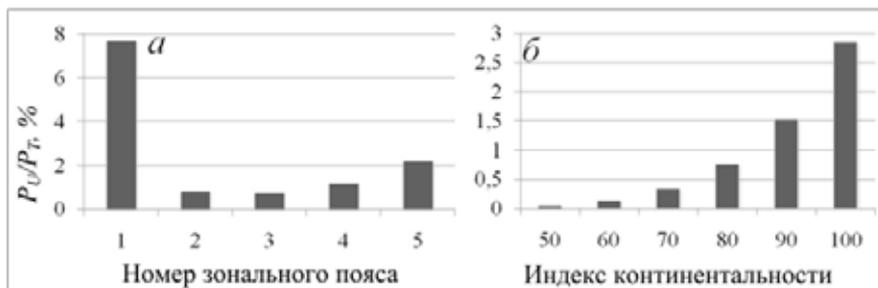


Рис. 2.58. Изменение отношения  $P_U/P_T$  в 100-летних елово-пихтарниках в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, равном 80% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

## 2.5. Насаждения 5-хвойных (кедровых) сосен, или кедров (подрод *Harloxylon* (Koehne))

### 2.5.1. Характеристика базы данных о фитомассе кедровых сосен в лесах Азии

С целью исследования межвидовых различий и региональных особенностей распределения фитомассы кедровых сосен в пределах их ареалов на территории Азии по литературным источникам сформирована база данных из 194 определений фракционного состава фитомассы насаждений (Usoltsev, 2013). В неё вошли взятые из 60 литературных источников данные 98 пробных площадей, заложенных в древостоях кедр сибирского (Урал, Западная Сибирь, Средняя Сибирь, Алтай и Забайкалье), 47 пробных площадей, заложенных в древостоях кедр корейского (Дальний Восток России, Северо-Восточный Ки-

тай и Южная Корея) и 35 пробных площадей для кедрового стланика (Дальний Восток, Забайкалье и Япония). В базу включены также данные о фитомассе темнохвойных насаждений 70-120-летнего возраста с преобладанием кедра сибирского, полученные нами в среднетаежной подзоне Урала на 14 пробных площадях (рис. 2.59). В отношении названия данного древесного вида: мы считаем возможным использовать термин как «сосна кедровая», так и «кедр», как это принято во всех таксационных справочниках и лесостроительных материалах.



Рис. 2.59. 70-летний кедровник долгомошно-сфагновый. Состав 3К2С2П2Б1Ос. Новолялинское лесничество Свердловской области.

Территориальное распределение пробных площадей в ареалах кедровых сосен показано на рис. 2.60.

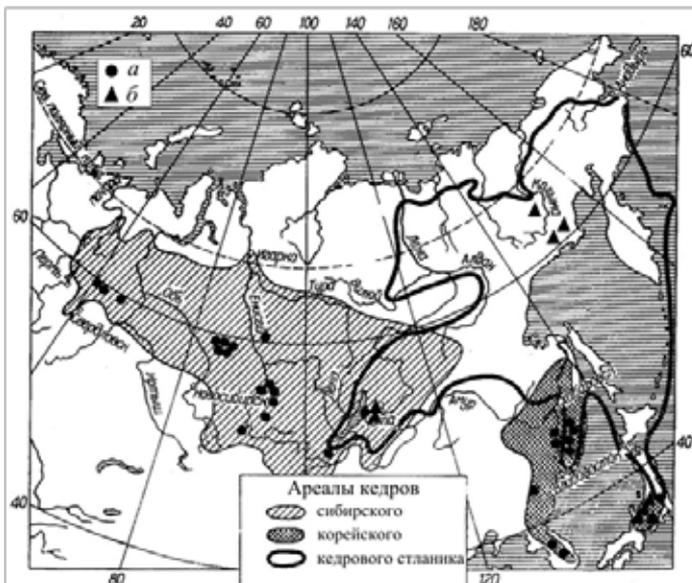


Рис. 2.60. Местоположение пробных площадей с определениями фитомассы кедров в их ареалах, выведенных по И.Ю. Коропачинскому (1983).  
Насаждения: а- кедров сибирского и корейского, б- кедрового стланика.

*2.5.2. Исследование межвидовых различий в структуре фитомассы древостоев кедров сибирского и корейского*

Как было неоднократно показано (Усольцев, 2003, 2004б, 2007; Usoltsev, 2007), данной морфоструктуре (или комплексу таксационных показателей) древостоев может соответствовать лишь одна, строго определенная структура их фитомассы. Поскольку кедр сибирский и корейский, с одной стороны, близки по своей морфоструктуре, а с другой – произрастают в разных природных зонах и имеют отдельные, взаимно не перекрывающиеся ареалы (см. рис. 2.60), предстоит по материалам базы данных выяснить, есть ли при прочих равных условиях различия в структуре их фитомассы, установленной на заложенных пробных площадях.

Если репрезентативность местоположений пробных площадей при их закладке исследователями в большей или меньшей степени соблюдалась, то возрастной диапазон выбирался произвольно, и тем самым объекты по возрасту не сопоставимы. Для обеспечения сопоставимости местоположений по их биопродуктивности необходимо исключить влияние не только возраста, но и других массоопределяющих показателей древостоев.

Поскольку фитомасса древостоя определяется его морфоструктурой, а различия морфоструктуры в пределах одного вида могут превышать таковые между видами, непосредственное сравнение фитомассы древостоев кедров сибирского и корейского, скорее всего, окажется непродуктивным. Поэтому анализируются, как и в предыдущих разделах, не обезличенные совокупности наблюдений, а многофакторные уравнения, объясняющие изменчивость фитомассы в пределах региона посредством включенных в них переменных. Для совмещения данных традиционной лесной таксации с показателями фитомассы древостоев Л.К. Поздняковым с соавт. (1969) было предложено понятие переводного коэффициента ( $P_i/M$ ) как отношения фитомассы (т/га) к запасу ( $m^3/га$ ). Как было установлено (Усольцев, 1988), оптимальная структурная форма регрессионной модели для переводных коэффициентов фитомассы имеет вид:

$$\ln(P_i/M) = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N). \quad (2.6)$$

Здесь и далее  $P_i$  – фитомасса в абсолютно сухом состоянии стволов с корой, коры стволов, скелета ветвей, хвои, корней и нижнего яруса (соответственно  $P_S, P_{SB}, P_B, P_F, P_R$  и  $P_U$ , т/га);  $M$  – запас стволовой древесины,  $m^3/га$ ;  $A$  – возраст древостоя, лет;  $H$  – средняя высота деревьев, м;  $D$  – средний диаметр, см, и  $N$  – число стволов, тыс. экз/га.

В случае, когда вклад возраста и морфометрических показателей полога древостоя в объяснение изменчивости фракции фитомассы (например, массы ствола или коры ствола) слишком мал в сравнении с вкладом запаса ство-

ловой древесины  $M$ , то последний для обеспечения бóльшей корректности модели переносится в правую часть уравнения и используется в качестве одного из регрессоров (Усольцев, 1985, 1998; Monserud et al., 1996):

$$\ln P_i = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M). \quad (2.7)$$

Анализ фитомассы кедровников, как и других пород выше, выполнен по отдельным фракциям. В предыдущих публикациях (Усольцев, 1998, 2001) на основе уравнений (2.6) разработан метод приведения к сопоставимому виду фактических данных о фитомассе насаждений на пробных площадях с применением так называемых «фиктивных» переменных (Дрейпер, Смит, 1973), включаемых в многофакторные уравнения для фитомассы наряду с массообразующими независимыми переменными.

Для выявления межвидовых различий в фитомассе кедров сибирского и корейского уравнение (2.6) модифицировано (приняты «гармонизированные» показатели морфоструктуры) путем введения еще одной независимой переменной – «фиктивной», или, в данном случае, бинарной переменной  $X$ , представляющей простейшую модификацию фиктивной переменной:

$$\ln(P_i/M) = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, X). \quad (2.8)$$

В (2.8) бинарная переменная  $X = 0$  для кедров сибирского и  $X=1$  – для кедров корейского. Далее был применен рекурсивный принцип, согласно которому уравнение (2.8) совмещается с возрастными трендами массообразующих показателей и запасов стволовой древесины:

$$\begin{aligned} \ln H = f(\ln A, X) \rightarrow \ln D = f(\ln A, \ln H, X) \rightarrow \ln N = f(\ln A, \ln H, \ln D, X) \rightarrow \\ \rightarrow \ln M = f(\ln H, \ln D, \ln N, X). \end{aligned} \quad (2.9)$$

Этот приём обеспечивает последовательное накопление региональных различий в возрастной динамике массообразующих показателей и запасов стволовой древесины по цепочке взаимозависимых уравнений. Результаты расчета уравнений (2.8) и (2.9) сведены в таблицы 2.9 и 2.10.

Таблица 2.9

Характеристика уравнений (2.8) для фитомассы кедровников

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.8)						
	$a_0$	$a_1 \ln A$	$a_2 (\ln A)^2$	$a_3 \ln H$	$a_4 (\ln H)^2$	$a_5 \ln D$	$a_6 (\ln D)^2$
$\ln(P_s/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-2,4344	0,6241	-0,0514	-0,1012	-	-	-
$\ln(P_{SB}/P_S)$ , т/т	0,6784	-0,1221	-	-1,6472	0,1758	0,3812	-
$\ln(P_f/M)$ , т/м <sup>3</sup>	4,5954	-3,3306	0,2969	-	-0,1791	1,5549	-0,2686
$\ln(P_B/M)$ , т/м <sup>3</sup>	0,7033	-2,1325	0,2424	-	-0,2936	1,9991	-0,3156
$\ln(P_R/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-1,5868	-	-	-0,2517	-	-	-

Продолжение таблицы 2.9

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.8)				
	$a_7 \ln N$	$a_8 (\ln N)^2$	$a_9 X$	$R^2$	$SE$
$\ln(P_S/M)$ , т/м <sup>3</sup>	0,0505	-	0,1641	0,728	0,09
$\ln(P_{SB}/P_S)$ , т/т	-	-0,0838	-0,2281	0,910	0,16
$\ln(P_F/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-	-	0,3537	0,829	0,32
$\ln(P_B/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-	-	0,9270	0,701	0,48
$\ln(P_R/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,0673	-0,0589	0,1835	0,745	0,09

Таблица 2.10

Характеристика вспомогательных уравнений (2.9) для морфологических показателей кедровников

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.9)						
	$a_0$	$a_1 (\ln A)$	$a_2 (\ln A)^2$	$a_3 (\ln D)$	$a_4 (\ln D)^2$	$a_5 (\ln H)$	$a_6 (\ln H)^2$
$\ln(H)$ , м	-5,6592	2,9559	-0,2429	-	-	-	-
$\ln(D)$ , см	0,1408	0,1711	-	-	-	0,6147	0,0563
$\ln(N)$ , тыс. шт/га	11,8564	-6,8266	0,6407	2,8874	-0,8634	-	0,6369
$\ln(M)$ , м <sup>3</sup> /га	-1,4897	-	-	0,7846	-	1,6332	-

Продолжение таблицы 2.10

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.9)			
	$a_7 (\ln N)$	$a_8 X$	$R^2$	$SE$
$\ln(H)$ , м	-	-0,1019	0,953	0,20
$\ln(D)$ , см	-	0,0392	0,951	0,20
$\ln(N)$ , тыс. шт/га	-	0,3594	0,468	0,68
$\ln(M)$ , м <sup>3</sup> /га	0,7574	-0,1812	0,957	0,43

Высокая степень адекватности уравнений (2.8) наглядно подтверждается графиками остатков, т.е. корреляцией между фактическими и расчетными данными (рис. 2.61).

Путем табулирования уравнений (2.9) и затем – (2.8) составлена таблица возрастной динамики морфометрических показателей и фитомассы кедров сибирского и корейского (табл. 2.11).

Установлено, что по совокупности пробных площадей древостои кедров сибирского и корейского относятся к разным классам бонитета – соответственно IV и V, со средней высотой в 100-летнем возрасте соответственно 16,5 и 14,9.

Средняя высота кедров сибирского по отношению к корейскому выше на 11%, средняя густота, напротив, ниже на 13%, а запас стволовой древесины выше на 33%. Накопление запасов общей фитомассы и составляющих ее фракций в древостоях кедров сибирского и корейского происходит на всем исследованном возрастном интервале от 20 до 380 лет. Фитомасса стволов в коре выше на 11%, а хвои и ветвей – напротив, ниже соответственно на 16 и 55%.

Рис. 2.61. Соотношение фактических и расчетных значений переводных коэффициентов фитомассы кедровников на территории Азии по фракционному составу: (а) стволов, (б) хвои, (в) ветвей согласно уравнениям (2.8)

В результате компенсации противоположных трендов суммарная надземная фитомасса различается всего на 4%, а общая (надземная и подземная) – на 2%. Эти различия находятся в пределах точности оценки. Поэтому расхождение показателей как надземной, так и общей фитомассы, древостоев кедров сибирского и корейского, полученных на пробных площадях в пределах их ареалов, можно считать статистически не значимым, но в структуре фитомассы, т.е. в соотношениях ее фракций, различия между двумя породами существенные.

Таким образом, при исследовании географических закономерностей распределения фитомассы кедров сибирского и корейского можно использовать общий массив исходных данных, с учетом отраженных в нем особенностей морфоструктуры древостоев той и другой породы.

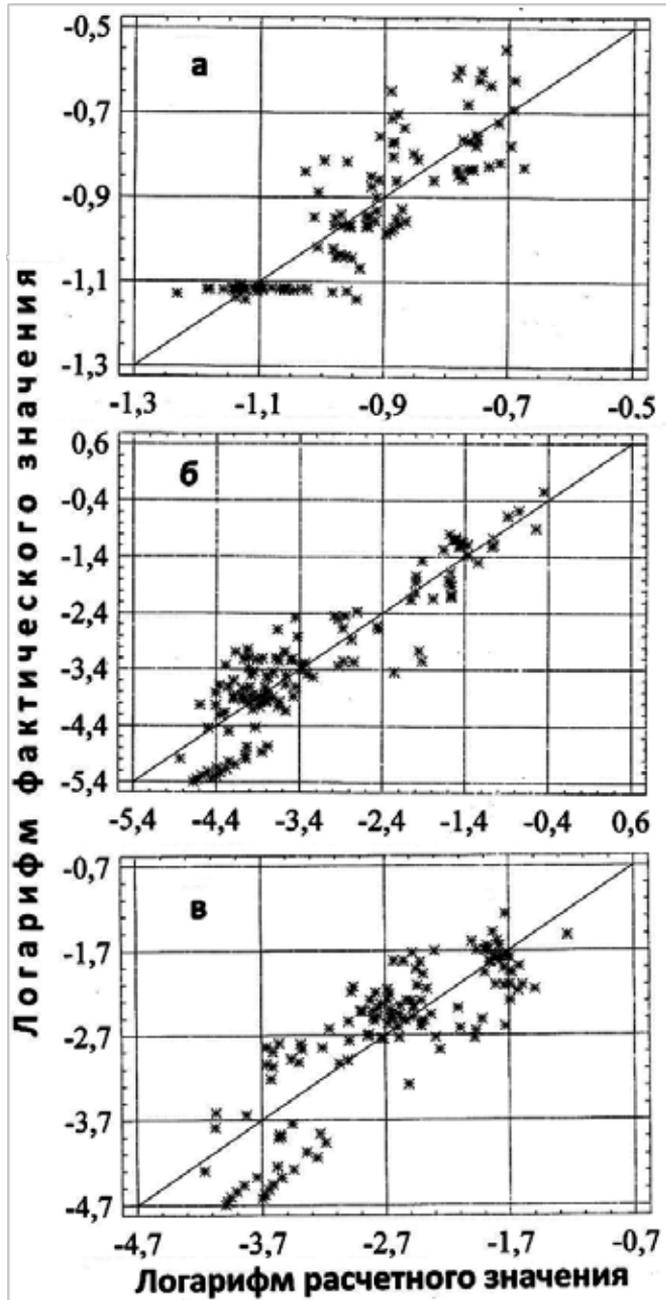


Таблица 2.11

Таблица возрастной динамики фитомассы кедров сибирского и корейского

**Кедр сибирский**

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, тыс. экз/ га	Запас стволов м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Итого
					стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	
					всего	коры					
20	2,8	3,8	1,137	3,7	1,2	0,6	1,01	0,68	2,9	0,6	3,5
40	7,0	8,8	0,981	29	10,4	2,4	3,18	3,51	17,1	3,7	20,7
60	10,7	13,7	0,879	76	28,5	5,0	4,46	6,00	38,9	8,7	47,6
80	13,9	18,1	0,792	134	51,1	7,9	5,02	7,57	63,7	14,3	78,0
100	16,5	22,0	0,722	193	74,8	10,7	5,23	8,57	88,6	19,9	108,4
120	18,6	25,5	0,669	250	97,7	13,2	5,29	9,26	112,2	24,9	137,2
140	20,4	28,6	0,628	302	118,9	15,6	5,29	9,80	134,0	29,5	163,5
160	21,9	31,2	0,597	350	138,3	17,6	5,28	10,27	153,8	33,6	187,4
180	23,1	33,6	0,573	393	155,7	19,4	5,27	10,73	171,7	37,2	208,9
200	24,1	35,7	0,556	431	171,5	21,1	5,28	11,20	188,0	40,4	228,3
220	24,9	37,5	0,543	465	185,6	22,5	5,30	11,69	202,6	43,2	245,8
240	25,6	39,1	0,533	496	198,4	23,8	5,34	12,21	215,9	45,8	261,7
260	26,2	40,5	0,527	524	209,9	25,0	5,39	12,77	228,0	48,0	276,1
280	26,7	41,7	0,524	549	220,3	26,0	5,46	13,37	239,1	50,1	289,2
300	27,0	42,8	0,522	572	229,7	27,0	5,54	14,01	249,2	52,0	301,3

Продолжение таблицы 2.11

**Кедр корейский**

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, тыс. экз/ га	Запас стволов м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Итого
					стволов		хвои	ветвей	надземная	корней	
					всего	коры					
20	2,5	3,7	1,407	3,01	1,18	0,5	1,17	1,40	3,8	0,57	4,3
40	6,3	8,4	1,142	22,2	9,53	1,9	3,65	7,38	20,6	3,41	24,0
60	9,7	13,0	1,009	57,6	25,74	3,8	5,17	12,88	43,8	7,99	51,8
80	12,5	17,2	0,906	100,5	45,97	6,0	5,89	16,59	68,4	13,17	81,6
100	14,9	20,8	0,826	144,9	67,17	8,0	6,20	19,06	92,4	18,25	110,7
120	16,8	24,1	0,767	187,4	87,73	10,0	6,33	20,85	114,9	22,95	137,9
140	18,4	27,0	0,721	226,8	106,90	11,7	6,38	22,29	135,6	27,20	162,8
160	19,7	29,5	0,687	262,7	124,45	13,2	6,41	23,57	154,4	31,00	185,4
180	20,8	31,7	0,661	295,1	140,37	14,6	6,44	24,80	171,6	34,38	206,0
200	21,8	33,6	0,642	324,3	154,75	15,8	6,48	26,04	187,3	37,40	224,7
220	22,5	35,3	0,629	350,6	167,73	16,9	6,53	27,32	201,6	40,09	241,7
240	23,1	36,8	0,619	374,3	179,45	17,9	6,60	28,67	214,7	42,52	257,2
260	23,7	38,1	0,613	395,7	190,07	18,8	6,69	30,10	226,9	44,71	271,6
280	24,1	39,2	0,610	415,1	199,70	19,6	6,79	31,62	238,1	46,70	284,8
300	24,4	40,2	0,609	432,7	208,46	20,3	6,91	33,23	248,6	48,51	297,1

## 2.5.3. Климатические градиенты фитомассы кедров сибирского и корейского в Азии

В нашем исследовании географических закономерностей распределения фитомассы кедров сибирского и корейского применён описанный в разделе 2.1 рекурсивный принцип. Согласно ему, уравнение (2.7) или (2.8) является основным. Оно, как и другие подобные ему многофакторные выражения, не может быть использовано как оценочное непосредственно, поскольку мы можем задать в нем только возраст  $A$ , а соответствующие этому возрасту характеристики морфоструктуры ( $H$ ,  $D$ ,  $N$  и  $M$ ) древостоев остаются неизвестными.

Как отмечалось выше, в лесной экологии многие явления и признаки характеризуются лишь на описательном уровне, их нельзя пока выразить числом и мерой, а одно из ограничений математического моделирования заключается в степени формализуемости исследуемых признаков. Когда требуется количественно описать принадлежность той или иной совокупности пробных площадей к тому или иному региону и ранжировать упомянутые совокупности по ряду регионов, то эти совокупности можно закодировать, но нельзя их 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 блок-овых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973). В настоящем разделе подобная методология применена для оценки степени «дистанцирования» показателей фитомассы кедровников по зональному и провинциальному градиентам. В частности, предпринята попытка построить по материалам сформированной базы данных систему регрессионных оценочных моделей фитомассы и на их основе выявить климатически обусловленные различия по запасам фитомассы стволов, ветвей, хвои, корней и нижних ярусов кедровников, а также – общие закономерности ее распределения на территории их ареалов в Азии.

С целью выявления в пределах каждой природной зоны (подзоны) провинциальных закономерностей биопродуктивности лесов на зональную схему Н.И. Базилевич и Л.Е. Родина (1967) нами наложены схемы лесорастительного районирования (Курнаев, 1973; Смагин и др., 1978). Экспериментальные данные распределились по ареалам кедровых сосен (см. рис. 2.60) и после нанесения на схему зонально-провинциального деления территории - по экорегионам (рис.2.62).

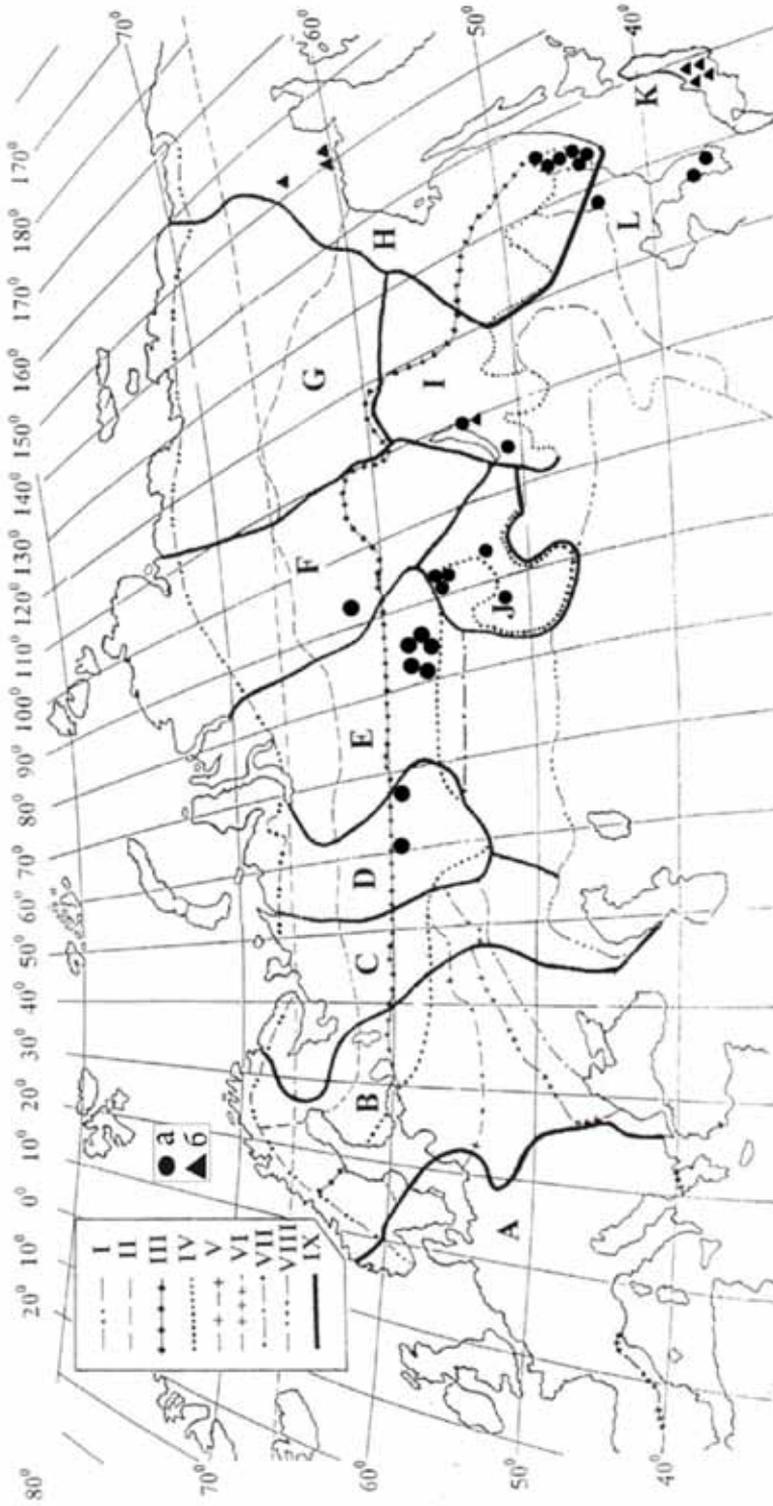


Рис.2.62. Распределение экспериментальных данных о фитомассе насаждений кедровых сосен на схеме зонально-провинциального деления Евразии; а – кедры сибирский и корейский; б – кедровый стланик.

I – южная граница тундры; II – южная граница подзоны северной тайги; III – южная граница подзоны средней тайги; IV – южная граница подзоны южной тайги; V – южная граница хвойно-широколиственных лесов; VI – юго-восточная граница широколиственных лесов; VII – южная граница лесостепи; VIII – южная граница степи; IX – границы лесохозяйственных провинций: А – Среднеевропейская; В – Скандинавско-Русская; С – Восток Русской равнины; D – Уральская; E – Западносибирская; F – Среднесибирская; G – Восточносибирская; H – Дальний Восток; I – Забайкальская горная; J – Алтае-Саянская горная; K – Японская; L – Юго-Восточная. Каждая точка на схеме соответствует одной или нескольким территориально-сближенным пробным площадям.

Все регионы закодированы соответствующими блоковыми фиктивными переменными (табл. 2.12). Каждый блок переменных ( $X_0, \dots, X_7$ ), представляющий группу пробных площадей, приходящуюся на данный регион, повторяется в исходной матрице экспериментальных данных столько раз, сколько имеется пробных площадей в регионе (Усольцев, 1998). Всего выделено 8 регионов. Более дробное деление территории пока не имеет смысла из-за относительно слабой наполненности регионов данными о фитомассе кедровников.

Таблица 2.12

Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных о фитомассе кедров сибирского и корейского

Регион*	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$
УРсп ( <i>Pinus sibirica</i> )	0	0	0	0	0	0	0
ЗСюж ( <i>P. sibirica</i> )	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0
ССсп ( <i>P. sibirica</i> )	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0
АСюж ( <i>P. sibirica</i> )	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0
ЗБюж ( <i>P. sibirica</i> )	0	0	0	<b>1</b>	0	0	0
ДВхш ( <i>P. koraiensis</i> )	0	0	0	0	<b>1</b>	0	0
Кит ( <i>P. koraiensis</i> )	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0
ЮК ( <i>P. koraiensis</i> )	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>

\* Обозначения регионов: УРсп – Уральская провинция, средняя тайга; ЗСюж – Западно-Сибирская равнинная провинция, южная тайга; ССсп – Средне-Сибирская плоскогорная провинция, средняя тайга; АСюж – Алтае-Саянская горная провинция, южная тайга; ЗБюж – Забайкальская провинция, южная тайга; ДВхш – Дальний Восток, хвойно-широколиственные леса; Кит – Северо-Восточный Китай; ЮК – Южная Корея.

За исходный (нулевой) принят уровень продуктивности кедровников Среднего Урала, соответствующий естественным насаждениям кедров сибирского подзоны средней тайги. Исходный уровень закодирован нулями для всех регионов (см. табл. 2.12). Каждый из остальных 7 регионов имеет в блоке одну единицу.

Выделенные регионы, закодированные блоковыми фиктивными переменными  $X_0, \dots, X_7$ , включены в уравнения (2.6) с целью установления степени отличия показателей фитомассы каждого региона от базового, соответствующего насаждениям кедров сибирского подзоны средней тайги на Урале. Эти отличия количественно характеризуются константами при блоковых фиктивных переменных соответствующих регионов в многофакторных уравнениях. Таким образом уравнение (2.6) приведено к виду:

$$\ln(P_i/M) = f(X_0, \dots, X_7, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N). \quad (2.10)$$

Подобный прием предопределяет согласованность, или гармонизацию регрессионных трендов биопродуктивности насаждений в разных регионах и является одним из способов приведения показателей продуктивности к сопоставимому виду.

В уравнении (2.10) в качестве характеристики плотности ценоза вместо показателя относительной полноты включается совокупность двух таксационных признаков – среднего диаметра ( $D$ , см) и числа стволов ( $N$ , тыс.экз/га). От использования интегрального показателя полноты, обычно применяемого при оценке запасов стволовой древесины, в нашем исследовании пришлось отказаться, поскольку при одной и той же полноте, но диаметрально противоположных сочетаниях густоты и среднего диаметра ствола, фитомасса полога древостоя может различаться в два-три раза (Усольцев, 1998).

Полученная расчетом характеристика уравнения (2.10) подтверждает их достаточную адекватность фактическим данным ( $R^2 = 0,82-0,89$ ) (табл.2.13). При расчете уравнения (2.10), включающего в себя блоковые переменные, устанавливается степень «дистанцирования», или отличия показателей фитомассы каждого региона от исходного. Выводится и количественный критерий названного отличия, характеризуемый константой при блоковой переменной для того или иного региона (см. табл.2.13).

В таблице 2.13 из констант при показателях  $A$ ,  $D$ ,  $H$  и  $N$  приведены лишь значимые на уровне вероятности не ниже  $P_{0,05}$ . И напротив, при блоковых фиктивных переменных ( $X_0, \dots, X_7$ ) показаны все константы независимо от уровня их значимости, поскольку цель расчета последних состоит не в выявлении достоверности отличия данного региона от исходного, а в упорядочении и ранжировании всех регионов по исследуемому показателю. В таком случае статистическая значимость названных переменных не играет роли, а отсеивание малозначимых блоковых переменных означало бы игнорирование принципа непрерывности при моделировании экологических явлений (Нильсон, 1978).

Таблица 2.13

Характеристика уравнений (2.10) для *Pinus sibirica* и *P. koraiensis*

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные						
	$a_0$	$a_1 X_1$	$a_2 X_2$	$a_3 X_3$	$a_4 X_4$	$a_5 X_5$	$a_6 X_6$
$\ln(P_S/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-1,2330	0,5152	0,3166	0,0556	0,1916	0,3292	0,1651
$\ln(P_{SB}/P_S)$ , т/т	-0,3180	0,1595	0,1547	0,1975	0,1914	0,0293	0,0203
$\ln(P_F/M)$ , т/м <sup>3</sup>	2,8247	0,7768	0,6422	-0,5053	0,3151	0,6025	-0,2868
$\ln(P_B/M)$ , т/м <sup>3</sup>	1,5753	0,8909	0,9872	-0,7230	0,7360	1,1061	0,4040
$\ln(P_R/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-1,3775	0,1692	1,0590	-0,2328	-0,5455	0,0315	-0,6835
$\ln(P_U/M)$ , т/м <sup>3</sup>	3,0660	1,0156	2,2602	0,5198	1,5443	0,7811	2,8571

Продолжение таблицы 2.13

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					$R^2$	SE
	$a_7 X_7$	$a_8 \ln(A)$	$a_9 \ln(H)$	$a_{10} \ln(D)$	$a_{11} \ln(N)$		
$\ln(P_S/M)$ , т/м <sup>3</sup>	0,2000	-	0,0609	-	-	0,856	0,070
$\ln(P_{SB}/P_S)$ , т/т	-0,5807	-0,1664	-0,3611	-	-	0,875	0,187
$\ln(P_F/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,3585	-1,0237	-0,6706	-	-0,3759	0,893	0,426
$\ln(P_B/M)$ , т/м <sup>3</sup>	0,0913	-0,8253	-0,3060	-	-0,3024	0,842	0,338
$\ln(P_R/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,5096	-	-	-0,2423	-0,1075	0,824	0,174
$\ln(P_U/M)$ , т/м <sup>3</sup>	1,5682	-	-2,8638	-	-0,8997	0,878	0,585

Использование блоковых фиктивных переменных обеспечивает согласованный (без пересечений) ход возрастных трендов фитомассы и в конечном итоге – 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 данного возраста хотя бы в первом приближении.

Уравнения (2.10), как и полученные выше (2.8), «работают» по принципу “Что будет, если...?” и обеспечивают сопоставимость фракционного состава фитомассы разных регионов, если в эти уравнения подставить соответствующие характеристики насаждений:  $A$ ,  $H$ ,  $D$ ,  $N$  и  $M$ . В предыдущем разделе был реализован именно этот принцип: вначале последовательно рассчитывалась (а затем табулировалась) рекурсивная цепочка уравнений (2.9), а затем – уравнения (2.8).

Но значения названных 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, объединенных в некоторую систему рекурсивных уравнений.

Известно, что продуктивность древостоя определяется по соотношению его возраста и высоты. Поэтому в качестве базовой в упомянутой системе нами принята зависимость  $H = f(A)$ , дифференцированная по регионам с помощью блоковых фиктивных переменных.

Следующий морфометрический показатель – средний диаметр древостоя  $D$  зависит уже не только от возраста, но и от средней высоты. Поэтому рассчитывается 2-факторная зависимость  $D = f(A, H)$ , так же, 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 согласно зависимости  $H = f(A)$ .

Следующий морфометрический показатель – число стволов на 1 га  $N$  варьирует и соответственно описывается уравнением зависимости уже от трех факторов:  $N = f(A, H, D)$ . И эта зависимость также дифференцируется блоковыми фиктивными переменными, и ее региональные различия кумулятивно накладываются на предыдущий результат, т.е. на рекурсивную систему  $H = f(A) \rightarrow D = f(A, H)$ . Завершается последовательность соотношением  $M = f(A, H, D, N)$ .

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:

$$\ln H = f(X_0, \dots, X_7, \ln A, (\ln A)^2) \rightarrow \ln D = f(X_0, \dots, X_7, \ln A, \ln H) \rightarrow$$

$$\rightarrow \ln N = f(X_0, \dots, X_7, \ln A, \ln H, \ln D) \rightarrow \ln M = f(X_0, \dots, X_7, \ln H, \ln D, \ln N). \quad (2.11)$$

Характеристика уравнений (2.11) дана в таблице 2.14. Высокая степень адекватности уравнений (2.11) наглядно подтверждается графиками остатков, т.е. корреляцией между фактическими и расчетными данными (рис.2.63).

Таблица 2.14

Характеристика уравнений (2.11) для *Pinus sibirica* и *P. koraiensis*

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.11)							
	$a_0$	$a_1 X_1$	$a_2 X_2$	$a_3 X_3$	$a_4 X_4$	$a_5 X_5$	$a_6 X_6$	$a_7 X_7$
$\ln(H)$ , м	-5,8046	-0,2650	-0,6632	-0,1526	-0,2939	-0,2427	-0,2680	0,1180
$\ln(D)$ , см	-0,3885	-0,0404	-0,0114	0,2758	0,2106	0,2194	-0,0268	0,6209
$\ln(N)$ , тыс. шт/га	1,3174	-0,0318	0,3625	-0,3935	0,7883	0,2795	0,0843	-0,4607
$\ln(M)$ , м <sup>3</sup> /га	-1,7800	0,0887	-0,2751	0,0924	-0,6662	-0,3950	0,3578	0,8135

Продолжение таблицы 2.14

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений					$R^2$	SE
	$a_8(\ln A)$	$a_9(\ln A^2)$	$a_{10}(\ln D)$	$a_{11}(\ln H)$	$a_{12}(\ln N)$		
$\ln(H)$ , м	3,1046	-0,2597	-	-	-	0,954	0,198
$\ln(D)$ , см	0,1847	-	-	0,8810	-	0,946	0,205
$\ln(N)$ , тыс. шт/га	-0,5265	-	-0,9064	1,2942	-	0,581	0,436
$\ln(M)$ , м <sup>3</sup> /га	-	-	0,9310	1,6389	0,8903	0,972	0,351

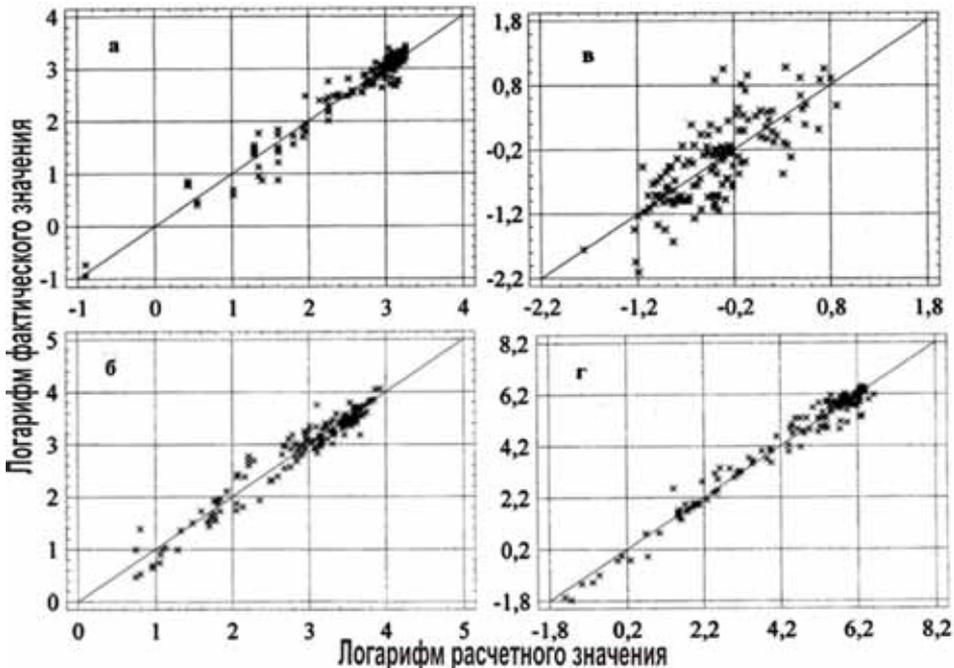


Рис. 2.63. Соотношение фактических и расчетных значений массообразующих показателей кедровников на территории Азии согласно уравнениям (2.11): (а) средней высоты древостоя, (б) среднего диаметра древостоя, (в) густоты и (г) запаса стволовой древесины

Если с помощью системы уравнений (2.10) оценивается степень региональных различий в структуре фитомассы при условии равенства массообразующих показателей, то система (2.11) определяет степень региональных различий самих массообразующих показателей, накапливая вклад каждого из них в конечный результат – запас ствольной древесины. Таким образом, региональные различия запасов фитомассы раскладываются на две составляющие, которым соответствуют две системы уравнений.

Последовательным табулированием систем уравнений (2.11) и (2.10) (см. табл. 2.14 и 2.13) по задаваемым значениям возраста получены возрастные тренды всех массообразующих показателей и запасов фитомассы кедровников по каждому экорегиону (приложение 4). Приведенные в приложении 4 региональные возрастные тренды массообразующих показателей и фракционного состава фитомассы кедровников не имеют ничего общего с региональными таблицами хода роста (ТХР) фитомассы. Назначение таких трендов, обобщенных для двух видов кедра, – приведение древостоев разного возраста и морфоструктуры к сопоставимому по экорегионам виду. Назначение же местных ТХР или составленных на их основе таблиц биологической продуктивности совершенно иное – отразить региональные особенности хода роста древостоев данного вида. Упомянутые возрастные тренды фитомассы в определенном смысле могут служить в качестве специфичных характеристик естественных насаждений кедровых сосен и могут быть использованы для сопоставления последних с другими древесными породами.

Анализ фитомассы кедровников подтверждает наличие профиля продуктивности по зональному градиенту (см. приложение 4). Запасы фитомассы кедров сибирского и корейского в возрасте 100 лет закономерно возрастают в направлении от Сибири до Корейского полуострова, составляя в средней тайге 78, в южной тайге Западной Сибири и Забайкалья 110-176, в хвойно-широколиственных лесах Приморья 137-197 и в широколиственных лесах Южной Кореи 537 т/га. По провинциальному градиенту (в направлении с запада на восток) названный показатель последовательно снижается от 207 т/га на Урале до 78 т/га в Средней Сибири, а затем возрастает с 110 т/га в Забайкалье до 137 т/га в Приморье.

Наибольшие запасы массы хвои приходятся на возраст 120 лет во всех экорегионах независимо от степени жесткости климатических условий. На рис.2.64 показаны региональные соотношения фракционной структуры фитомассы кедровников в возрасте 100 лет, полученные путем наложения расчетных данных фитомассы кедровников в возрасте 100 лет, взятых из приложения 4, на схему зонально-провинциального деления территории (см. рис. 2.62)

В специальном сравнительном исследовании (Усольцев, 2003) было показано, что при сопряжении показателей фитомассы с индексами континентальности схема изоконт, построенная А.А. Борисовым (1967) по формуле Ценкера (см. рис. 2.15), более приемлема по сравнению со схемой (см. рис. 2.17), предложенной Л. Г. Полозовой (1954). Для анализа географии распределения запасов фитомассы в насаждениях кедров сибирского и корейского мы выбрали для провинциального градиента схему А.А. Борисова-Ценкера (см. рис. 2.15) и для зонального – схему С. Тукканена (Tuhkanen, 1984) (см. рис. 2.16).

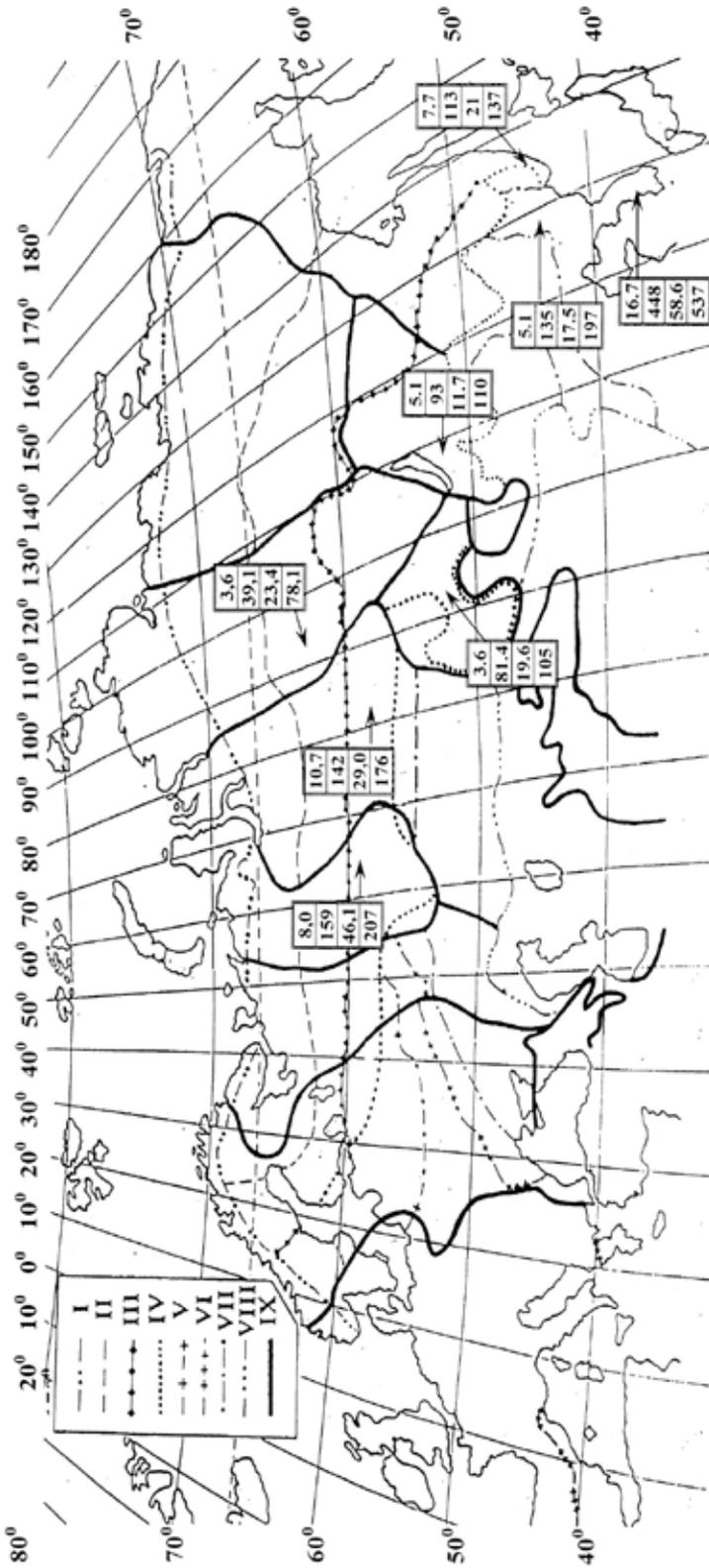


Рис. 2.64. Фракционный состав фитомассы 100-летних кедровиков (*P. sibirica* и *P. koraiensis*) в регионах Азии. Пояснения см. на рис. 2.62. Выделенные регионы соответствуют таковым на рис. 2.62.

Со схемы регионального распределения расчётных данных фитомассы (см. рис. 2.64) сняты числовые данные, наложены на схемы зонального и провинциального деления территории (см. рис. 2.12 и 2.16) и составлена двухвходовая таблица для фитомассы кедровников, в которой входами служат значения континентальности климата ( $IC$ ) и суммы эффективных температур ( $T$ ) выше  $+5^{\circ}\text{C}$  за вегетационный период в Северной Евразии (табл.2.15).

Таблица 2.15

Расчетные значения надземной ( $P_{abo}$ ) и общей ( $P_{tot}$ ) фитомассы в абсолютно сухом состоянии (т/га) для спелых насаждений кедровых сосен по регионам Азии в связи с индексом континентальности ( $IC$ ), по Борисову-Ценкеру (1967) и суммой эффективных температур ( $T$ ), по Тукканену (1984)

Регион*	$IC$	$T$	Расчетные показатели фитомассы кедровых сосен ( <i>Pinus sibirica</i> , <i>P. koraiensis</i> ) в возрасте 100 лет	
			$P_{abo}$	$P_{tot}$
УРср	65	40	159	207
ЗСюж	65	40	142	176
ССср	65	30	39	78
АСюж	70	45	81	105
ЗБюж	80	40	93	110
ДВхш	62	50	113	137
Кит	65	65	135	197
ЮК	50	70	448	537

\*Обозначения регионов в таблице 2.15: УРср – Уральская провинция, средняя тайга; ЗСюж – Западно-Сибирская равнинная провинция, южная тайга; ССср – Средне-Сибирская плоскогорная провинция, средняя тайга; АСюж – Алтае-Саянская горная провинция, южная тайга; ЗБюж – Забайкальская провинция, южная тайга; ДВхш – Дальний Восток, хвойно-широколиственные леса; Кит – Северо-Восточный Китай; ЮК – Южная Корея.

По цифровым данным табл. 2.15 рассчитаны уравнения

$$\ln P_{abo} = 6,704 - 1,791(\ln IC) + 1,453(\ln T), \quad R^2 = 0,684; \quad SE = 0,46; \quad (2.12)$$

$$\ln P_{tot} = 10,574 - 2,259(\ln IC) + 1,028(\ln T), \quad R^2 = 0,761; \quad SE = 0,34; \quad (2.13)$$

где  $P_{abo}$  и  $P_{tot}$  – расчетные значения соответственно надземной и общей фитомассы кедровников в возрасте 100 лет, т/га;  $IC$  – индекс континентальности климата, значения которых взяты со схемы изоконт (см. рис. 2.15);  $T$  – сумма эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  за вегетационный период, значения которой взяты со схемы изотерм (см. рис. 2.12).

Оба климатических параметра статистически значимы. Уравнения (2.12) и (2.13) объясняют изменчивость надземной фитомассы кедровника на 68 % и общей – на 76 %. Поскольку к западу от Уральского хребта данные о фитомас-

се кедровников отсутствуют, уравнения (2.12) и (2.13) действительны при  $IC > 50-60\%$ .

Результаты их табулирования (табл. 2.16) показывают, что отношение подземной фитомассы к общей существенно снижается по мере увеличения индекса континентальности от 50 до 90%: например, при  $T = 50^{\circ}\text{C}$  названное отношение изменяется с 26 до 16%.

*Таблица 2.16*

Соотношения фракций фитомассы кедровников Азии в возрасте 100 лет в связи с индексом континентальности климата и суммой эффективных температур

Индекс континентальности $IC$	Сумма температур, град.	Общая фитомасса, т/га ( $P_{tot}$ )	Надземная фитомасса, т/га ( $P_{abo}$ )	Фитомасса корней, т/га ( $P_{tot} - P_{abo}$ )	% корней в общей фитомассе
50	30	188	104	73	39
	40	253	157	79	31
	50	318	218	83	26
	60	383	284	87	23
	70	449	355	91	20
60	30	124	75	42	34
	40	167	113	45	27
	50	210	157	48	23
	60	254	205	50	20
	70	297	256	52	17
70	30	88	57	26	30
	40	118	86	28	24
	50	149	119	30	20
	60	179	155	31	17
	70	210	194	32	15
80	30	65	45	17	27
	40	87	68	19	21
	50	110	94	20	18
	60	133	122	21	16
	70	155	153	21	14
90	30	50	36	12	24
	40	67	55	13	19
	50	84	76	14	16
	60	102	99	14	14
	70	119	124	15	13

Графическая интерпретация уравнений (2.12) и (2.13) на рис. 2.65 демонстрирует положительную связь фитомассы с суммой эффективных тем-

ператур и отрицательную – с индексом континентальности. Иными словами, фитомасса кедровников снижается в направлении с юга на север (зональный градиент) и от Урала и тихоокеанского побережья – к полюсу континентальности в центре Сибири (провинциальный градиент). Более наглядно уравнения (2.12) и (2.13) даны на рис. 2.66 и 2.67 в трехмерном изображении.

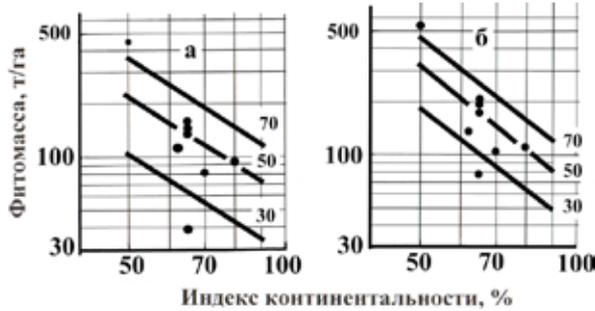


Рис. 2.65. Связь расчетных показателей надземной (а) и общей (б) абсолютно сухой фитомассы кедровников с индексом континентальности климата (%) и суммой эффективных температур (°C), обозначенной цифрами

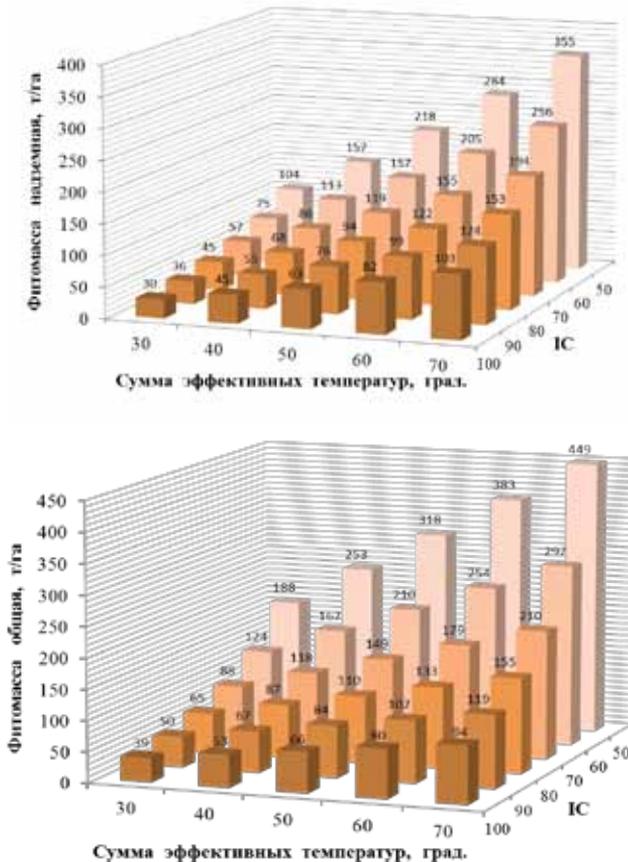


Рис. 2.66. Связь расчетных показателей надземной (верхний рисунок) и общей (нижний рисунок) фитомассы кедровников (*Pinus sibirica* и *P. koraiensis*) в возрасте 100 лет с индексом континентальности климата (%) и суммой эффективных температур (°C)

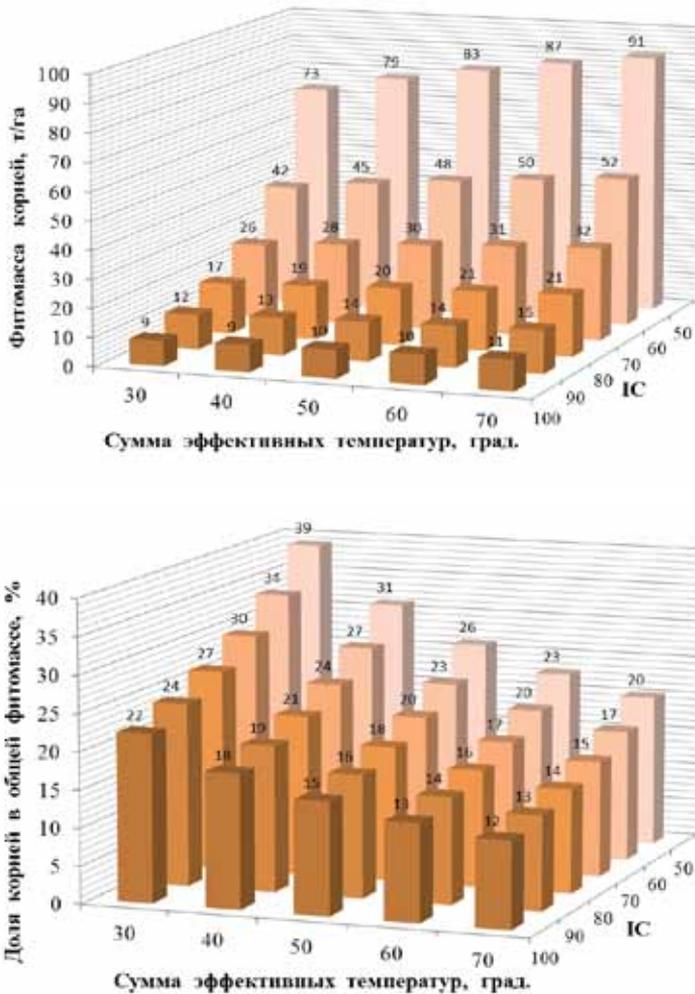


Рис. 2.67. Связь расчетных показателей подземной фитомассы (верхний рисунок) и ее доли в общей (нижний рисунок) фитомассе кедровников (*Pinus sibirica* и *P. koraiensis*) в возрасте 100 лет с индексом континентальности климата (%) и суммой эффективных температур (°C).

#### 2.5.4. Географические закономерности распределения фитомассы кедрового стланика

В сформированную базу данных (Usoltsev, 2013) включены 35 определений фитомассы, полученных в зарослях кедрового стланика, в том числе 12 – для северной тайги Дальнего Востока, 9 – для южной тайги в подгольцовом поясе Забайкалья и 14 – для подгольцового пояса в зоне хвойно-широколиственных лесов Японии. Для выявления региональных различий фитомассы кедрового стланика три названные региона закодированы блоковыми фиктивными переменными ( $X_1$ ,  $X_2$ ) (табл. 2.17).

Схема кодирования региональных массивов данных о фитомассе кедровостлаников (*Pinus pumila*) блоковыми фиктивными переменными

Регион*	$X_1$	$X_2$
ДВсев	0	0
ЗБюж	1	0
ЯПхш	0	1

\*Обозначения регионов: ДВсев – Дальний Восток, северная тайга; ЗБюж – Забайкальская горная провинция, южная тайга; ЯП – Японские острова, хвойно-широколиственные леса.

За исходный уровень продуктивности принят север Дальнего Востока, для которого  $X_1=0$ ,  $X_2=0$ . Регион Забайкалья закодирован как  $X_1=1$ ,  $X_2=0$  и Япония как  $X_1=0$ ,  $X_2=1$  (см. табл. 2.17).

Для кедрового стланика уравнения фитомассы рассчитаны по упрощенной схеме со значительно меньшим числом независимых переменных в соответствии со спецификой его морфоструктуры (рис. 2.68) и особенностями морфометрических характеристик.



Рис. 2.68. Кедровый стланик (<http://www.farmazia.ru/sosna-stlanikovaya-kedrovyyj-stlanik/>).

Рассчитаны уравнения

$$\ln P_i = f(X_1, X_2, \ln H, \ln M), \quad (2.14)$$

где  $H$  – средняя высота (длина стволов), м;  $M$  – запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>/га. Характеристика уравнений (2.14) дана в табл. 2.18. Уравнения объясняют от 92 до 99,9% изменчивости надземной и подземной фитомассы кедровостлаников и 79% изменчивости фитомассы нижнего яруса.

Характеристика уравнений (2.14)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.14)						
	$a_0$	$a_1X_1$	$a_2X_2$	$a_3(\ln M)$	$a_4(\ln H)$	$R^2$	$SE$
$\ln(P_S)$ , т/га	-0,7569	-0,0001	-0,0007	1,0001	-	0,999	0,001
$\ln(P_F)$ , т/га	-1,9309	0,6474	0,3343	0,9297	-0,7167	0,924	0,458
$\ln(P_B)$ , т/га	-2,5356	0,5815	-0,0214	1,0472	-0,1264	0,983	0,235
$\ln(P_R)$ , т/га	-1,5341	0,8453	0,3504	1,1248	-	0,927	0,579
$\ln(P_U)$ , т/га	1,5931	0	0	-	-06459	0,793	0,236

Далее применен рекурсивный принцип, согласно которому уравнение (2.14) совмещается с возрастными трендами средней длины ствола и показателя запаса стволовой древесины кедровостланика согласно уравнений

$$\ln H = f(X_1, X_2, \ln A) \rightarrow \ln M = f(X_1, X_2, \ln A, \ln H), \quad (2.15)$$

характеристика которых приведена в табл. 2.19. Это обеспечивает последовательное накопление региональных различий в возрастной динамике средней высоты и запаса стволовой древесины по цепочке взаимозависимых уравнений (2.15) и (2.14).

Таблица 2.19

Характеристика уравнений (2.15)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.15)							
	$a_0$	$a_1X_1$	$a_2X_2$	$a_3(\ln A)$	$a_4(\ln A)^2$	$a_5(\ln H)$	$R^2$	$SE$
$\ln H$ , м	-2,4758	-0,0254	-0,6478	0,8286	-0,0299	-	0,819	0,325
$\ln M$ , м <sup>3</sup> /га	-0,5356	0,1800	1,8689	0,7617	-	0,6519	0,744	0,551

Последовательным табулированием рекурсивных систем уравнений (2.15) и (2.14) по задаваемым значениям возраста получены возрастные тренды средней высоты, запаса стволовой древесины и показателей фитомассы кедрового стланика по каждому региону (табл. 2.20).

Накопление запасов общей фитомассы, а также массы хвои в кедровостланиках происходит на всем исследованном возрастном интервале вплоть до 200 лет; в 20 лет запасы фитомассы составляют 22-32%, в 40 лет – 39-45%, в 60 лет – 58-62% и в 200 лет 205-213% к запасам в возрасте 100 лет. Фитомасса нижнего яруса (куда входят живой напочвенный покров и подлесок), с возрастом кедровостланиковых зарослей уменьшается.

На рис. 2.69 показаны региональные соотношения фракционной структуры фитомассы кедровостлаников для возраста 100 лет, а на рис. 2.70 они

Таблица 2.20  
 Расчетные возрастные тренды массообразующих показателей и фитомассы кедровостлаников на востоке Азии, полученные по материалам базы данных на основе уравнений (2.15) и (2.14)

Возраст, лет	Средняя высота, м	Запас стволов, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Всего
			Стволы	Хвоя	Ветви	Надземная	Корни	Нижний ярус	
<b>ДАЛЬНИЙ ВОСТОК</b>									
<i>Северная тайга</i>									
10	0,48	2,1	1,0	0,49	0,19	1,67	0,50	7,90	10,1
20	0,77	4,8	2,3	0,76	0,43	3,46	1,27	5,82	10,6
40	1,19	10,9	5,1	1,18	0,94	7,23	3,16	4,40	14,8
60	1,51	17,3	8,1	1,53	1,49	11,15	5,34	3,77	20,3
80	1,78	24,0	11,3	1,84	2,05	15,16	7,70	3,39	26,3
100	2,02	30,9	14,5	2,13	2,63	19,27	10,23	3,12	32,6
120	2,23	37,9	17,8	2,39	3,22	23,39	12,86	2,93	39,2
140	2,43	45,1	21,1	2,65	3,82	27,61	15,63	2,77	46,0
160	2,60	52,1	24,5	2,89	4,41	31,76	18,41	2,65	52,8
180	2,77	59,4	27,9	3,12	5,02	36,03	21,33	2,55	59,9
200	2,92	66,6	31,3	3,34	5,62	40,24	24,27	2,46	67,0
<b>ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ</b>									
<i>Южная тайга</i>									
10	0,47	2,5	1,2	0,58	0,22	1,96	0,60	8,01	10,6
20	0,75	5,7	2,7	0,90	0,51	4,08	1,52	5,92	11,5
40	1,16	12,8	6,0	1,40	1,12	8,54	3,80	4,47	16,8
60	1,47	20,4	9,6	1,81	1,77	13,14	6,40	3,84	23,4
80	1,74	28,3	13,3	2,18	2,45	17,92	9,27	3,44	30,6
100	1,97	36,4	17,1	2,52	3,14	22,74	12,29	3,17	38,2

Продолжение таблицы 2.20

Возраст, лет	Средняя высота, м	Запас стволов, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Всего
			Стволы	Хвоя	Ветви	Надземная	Корни	Нижний ярус	
120	2,18	44,7	21,0	2,84	3,84	27,65	15,48	2,97	46,1
140	2,37	53,1	24,9	3,14	4,55	32,60	18,79	2,82	54,2
160	2,54	61,5	28,8	3,42	5,26	37,52	22,16	2,69	62,4
180	2,70	70,0	32,8	3,69	5,97	42,49	25,64	2,59	70,7
200	2,85	78,5	36,9	3,96	6,70	47,52	29,19	2,50	79,2
<b>ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА</b>									
<i>Широколиственные леса</i>									
10	0,25	8,9	4,2	2,98	0,93	8,08	2,51	12,04	22,6
20	0,40	20,5	9,6	4,63	2,10	16,33	6,43	8,89	31,7
40	0,62	46,2	21,7	7,20	4,65	33,51	16,05	6,70	56,3
60	0,79	73,6	34,5	9,34	7,36	51,24	27,14	5,73	84,1
80	0,93	101,9	47,8	11,25	10,14	69,22	39,14	5,16	113,5
100	1,06	131,6	61,8	12,99	13,03	87,77	52,16	4,74	144,7
120	1,17	161,2	75,7	14,61	15,91	106,19	65,56	4,44	176,2
140	1,27	191,3	89,8	16,15	18,84	124,77	79,46	4,22	208,5
160	1,36	221,4	103,9	17,62	21,77	143,32	93,68	4,03	241,0
180	1,45	252,5	118,5	19,02	24,78	162,34	108,62	3,87	274,8
200	1,53	283,4	133,0	20,37	27,77	181,16	123,65	3,74	308,6

представлены в виде столбчатой диаграммы. Запасы общей фитомассы закономерно возрастают по зональному градиенту в последовательности: северная тайга Дальнего Востока, южная тайга Забайкалья, субтропики Японии, составляя соответственно 32, 38 и 145 т/га. Аналогичная закономерность имеет место для каждой из фракций.

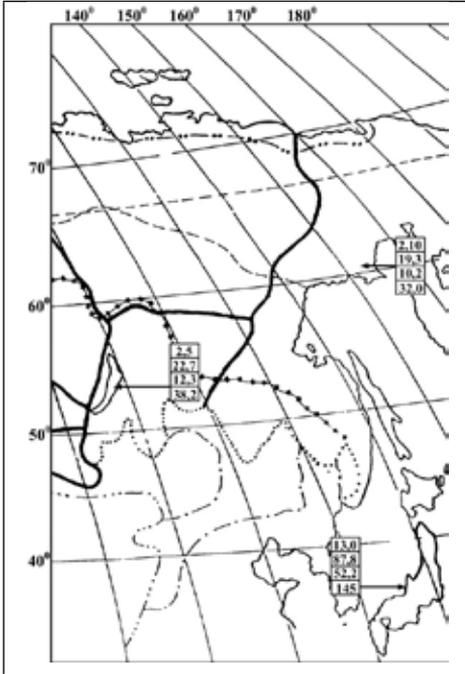


Рис. 2.69. Фракционный состав фитомассы 100-летних кедровостланников (*P. pumila*) в восточных регионах Азии. Пояснения см. на рис. 2.62. Выделенные регионы соответствуют таковым на рис. 2.62.

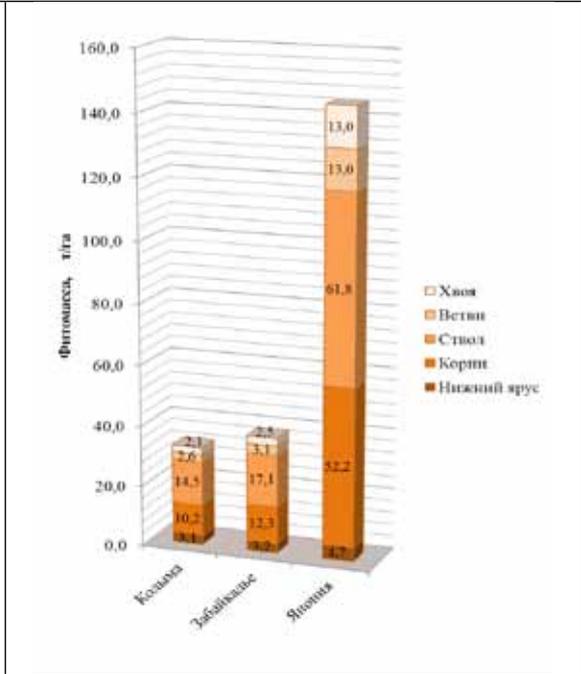


Рис. 2.70. Структура фитомассы 100-летних кедровостланников в трех регионах на востоке Азии.

Поскольку определение возраста кедровостланника связано с некоторыми трудностями, рассчитано упрощенное вспомогательное уравнение, в котором возраст стланника не участвует в качестве независимой переменной:

$$\ln M = 3,1192 - 0,1875 X_1 + 1,4447 X_2 + 1,1826 \ln H; R^2 = 0,633; SE = 0,56. \quad (2.16)$$

Табулированием уравнений (2.16) и (2.14) по задаваемым значениям средней высоты кедрового стланника получена табл. 2.21.

Таблица 2.21

Изменение массообразующих показателей и фитомассы кедровостлаников по грациям их средней высоты на востоке Азии, полученные по материалам базы данных на основе уравнений (2.16) и (2.14)

Средняя высота, м	Запас стволов, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
		Стволы	Хвоя	Ветви	Корни	Нижний ярус	Всего
<i>ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, северная тайга</i>							
0,5	10,0	4,7	2,02	0,96	2,86	7,70	18,2
1,0	22,6	10,6	2,64	2,08	7,20	4,92	27,5
1,5	36,6	17,2	3,08	3,26	12,3	3,79	39,6
2,0	51,4	24,1	3,44	4,49	18,1	3,14	53,3
2,5	66,9	31,4	3,74	5,75	24,4	2,72	68,0
3,0	83,0	38,9	4,01	7,05	31,1	2,42	83,5
<i>ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ, южная тайга</i>							
0,5	8,3	3,9	3,24	1,41	5,40	7,70	21,6
1,0	18,8	8,8	4,23	3,05	13,6	4,92	34,6
1,5	30,3	14,2	4,94	4,79	23,3	3,79	51,0
2,0	42,6	20,0	5,51	6,60	34,1	3,14	69,4
2,5	55,4	26,0	6,01	8,46	45,9	2,72	89,2
3,0	68,8	32,3	6,44	10,36	58,6	2,42	110,1
<i>ЯПОНСКИЕ ОСТРОВА, широколиственные леса</i>							
0,5	42,3	19,8	10,8	4,27	20,6	7,70	63,3
1,0	96,0	45,0	14,1	9,23	51,9	4,92	125,2
1,5	155,0	72,7	16,5	14,5	89,1	3,79	196,5
2,0	217,8	102,2	18,4	19,9	130,6	3,14	274,2
2,5	283,6	133,0	20,0	25,6	175,7	2,72	357,0
3,0	351,8	165,0	21,5	31,3	223,9	2,42	444,1

## 2.6. Насаждения берёзы (*Betula L.*)

### 2.6.1. Характеристика базы данных о фитомассе березняков в лесах Евразии

Для анализа климатически обусловленных закономерностей распределения фитомассы березовых лесов Евразии из упомянутой сводки (Usoltsev, 2013) извлечены и использованы данные 683 пробных площадей с определениями на них фитомассы разных видов рода *Betula L.* (рис. 2.71). Материалы по ним объединены в один исходный массив, структурированный в географическом плане.

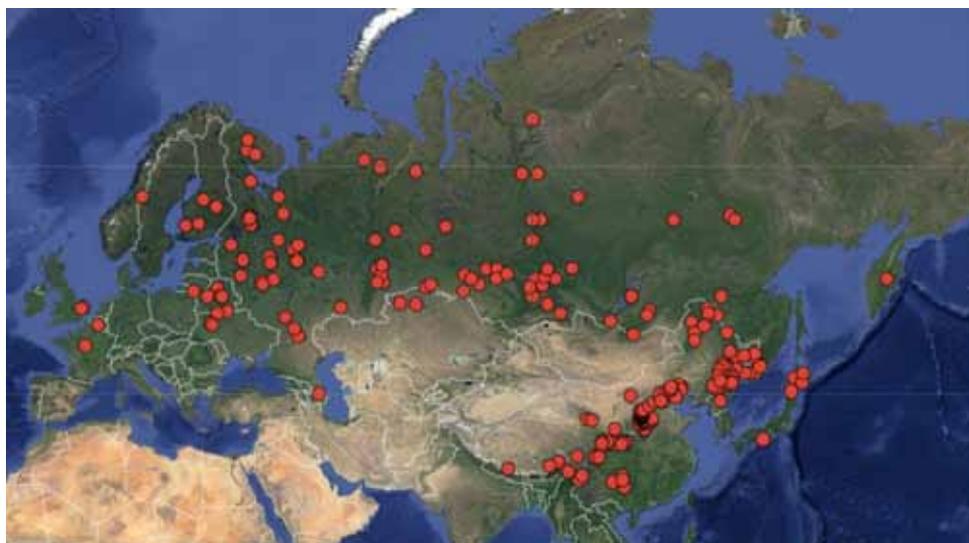


Рис. 2.71. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы (т/га) 683 насаждений берёзы (род *Betula* L.) на территории Евразии.

Данные о фитомассе березняков распределены на территории Евразии следующим образом: Западная и Средняя Европа – 93, Россия – 392, Казахстан – 58, Китай - 131 и Япония - 9 определений.

Род *Betula* L. включает в себя около 120 видов, из которых данные о фитомассе имеются по 13 евразийским видам с количеством определений, показанным в табл. 2.22.

Таблица 2.22

Распределение количества пробных площадей с определениями фитомассы рода *Betula* L. (т/га) по видам и странам

Вид	Систематическое название	Страна	Количество пробных площадей
Берёза белая	<i>Betula pendula</i> Roth. <i>B. pubescens</i> Ehrh.	Россия, Украина, Казахстан, Великобритания, Белоруссия, Азербайджан, Финляндия, Япония, Швеция, Монголия, Литва, Бельгия, Норвегия, Франция, Дания (Гренландия)	523
Б. полезная	<i>B. utilis</i> D. Don	Китай	127
Б. извилистая	<i>B. tortuosa</i> Ldb.	Россия	9
Б. плосколистная	<i>B. platyphylla</i> Suk.	Китай, Россия, Япония	6
Б. каменная	<i>B. ermanii</i> Cham.	Китай, Япония	4
Б. ребристая	<i>B. costata</i> Trautv.	Россия	4
Б. Максимовича	<i>B. maximowicziana</i> Rgl.	Япония	3
Б. Кузмищева	<i>B. kusmisscheffii</i> (Rgl) Suk.	Россия	2

Б. граболистная	<i>B. grossa</i> Sieb. et Zucc.	Япония	1
Б. шерстистая	<i>B. lanata</i> (Rgl.) V. Vas.	Россия	1
Б. Гмелина	<i>B. gmelinii</i> Bunge	Россия	1
Б. японская	<i>B. japonica</i> Sieb.	Россия	1
Б. карликовая	<i>B. nana</i> L.	Россия	1
Итого			683

С целью выявления географических закономерностей в изменении биопродуктивности березовых лесов на территории Евразии каждая пробная площадь, на которой было выполнено определение фитомассы насаждений, позиционирована по зональным поясам (от 1-го до 5-го) на карте-схеме Евразии (рис. 2.72) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт (рис. 2.73), рассчитанных по С.П. Хромову (1957).

В предыдущих исследованиях (Усольцев, 2001, 2002б) изменение фитомассы лесообразующих видов Северной Евразии оценивалось в связи со среднемесячной суммой эффективных температур, возрастающей в направлении с севера на юг от 0 до 70<sup>0</sup>С в широтном диапазоне от 74 до 50<sup>0</sup> с.ш. В этом диапазоне пробные площади были позиционированы по карте-схеме изотерм С. Тукканена (Tuhkanen, 1984). Для целей настоящего исследования схема С. Тукканена непригодна, поскольку не охватывает территорию всей Японии и Китая, а соответствующей карты-схемы для территории Евразии нет. Поэтому наши пробные площади с определениями фитомассы позиционированы по зональным поясам Б.П. Алисова.

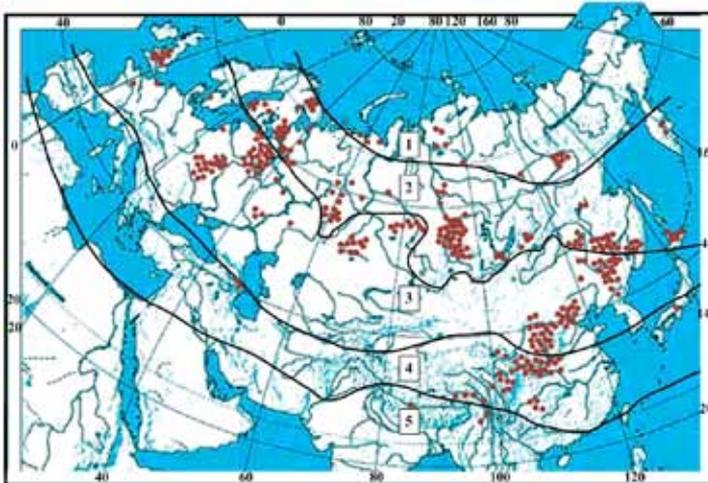


Рис. 2.72. Распределение пробных площадей в насаждениях рода *Betula* L. по зональным поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 - субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967)

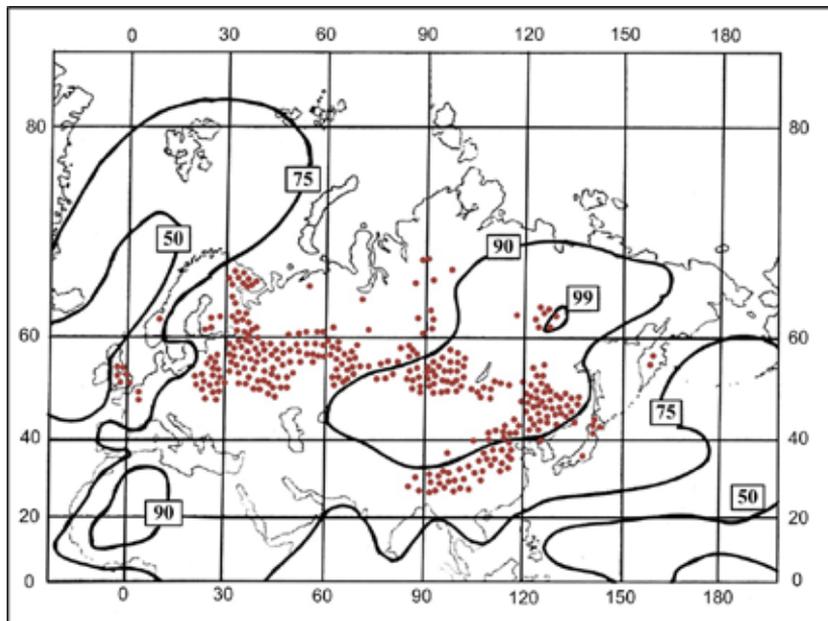


Рис. 2.73. Распределение пробных площадей в насаждениях рода *Betula L.* на карте-схеме изоконт Евразии, предложенной С.П. Хромовым (1957); индексы континентальности показаны цифрами

### 2.6.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы березняков Евразии

Биологическая продуктивность берёзовых насаждений, как и насаждений других пород, анализируемых выше, определяется климатическими факторами, но лишь в первом приближении, поскольку есть еще онтогенетический, ценотический, эдафический и другие уровни ее изменчивости. Поэтому в регрессионные уравнения в качестве объясняющих изменчивость независимых переменных включаются, наряду с климатическими параметрами, возраст, запас и густота древостоя. Последняя оказалась статистически незначимой для большинства фракций фитомассы и была исключена из последующих расчётов.

Как и при анализе фитомассы ели, пихты и лиственницы, применена «цепочка» последовательно связанных уравнений. По массиву исходных данных в количестве 683 определений выполнен многофакторный регрессионный анализ географической ординации запаса стволовой древесины и фитомассы березовых насаждений согласно рекурсивной системе уравнений (стрелкой показана последовательность расчетов):

$$M=f(A, Zon, ICKh) \rightarrow Pi=f(A, M, Zon, ICKh), \quad (2.17)$$

где *ICKh*– индекс континентальности климата, по С.П. Хромову (см. рис. 2.18). В результате получена характеристика уравнений (2.17), приведенная в табл. 2.23.

Таблица 2.23

Характеристика уравнений (2.17) для берёзовых насаждений

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.17)								
	$a_0$	$a_1$ ( $\ln A$ )	$a_2$ ( $\ln A$ ) <sup>2</sup>	$a_3$ ( $\ln M$ )	$a_4$ $\ln(\text{Zon})$	$a_5$ ( $\ln \text{Zon}$ ) <sup>2</sup>	$a_6$ ( $\ln ICKh$ )	$R^2$	$SE$
$\ln(M)$	1,5590	1,9763	-0,1567	-	2,5994	-1,4548	-0,6363	0,615	0,46
$\ln(Ps)$	-0,9771	0,2356	-0,0342	0,9855	-	-	-	0,980	0,14
$\ln(Pb)$	-1,6200	0,2536	-	0,6321	-	-	-	0,801	0,34
$\ln(Pf)$	-5,6293	-0,1350	-	0,4342	-	-	1,1758	0,478	0,35
$\ln(Pr)$	-7,4267	0,9400	-0,1271	0,6859	0,4507	-	1,1510	0,821	0,31
$\ln(Pa)$	-0,0233	-	-	0,9132	-	-	-	0,975	0,14
$\ln(Pt)$	0,8694	0,0823	-	0,7313	-	-	-	0,906	0,17
$\ln(Pu)$	-2,1554	0,3683	-	0,2157	0,7952	-	-	0,327	0,55

Уравнения, приведенные в табл. 2.23, за некоторыми исключениями, характеризуются достаточно высокими коэффициентами  $R^2$ , которые составили: для  $M$  0,615; для  $Ps$ ,  $Pb$ ,  $Pf$ ,  $Pr$ ,  $Pa$ ,  $Pt$  и  $Pu$  соответственно 0,980; 0,801; 0,478; 0,821; 0,975; 0,906 и 0,327; для  $Zs$ ,  $Zb$ ,  $Zf$ ,  $Zr$ ,  $Za$ ,  $Zt$  и  $Zu$  соответственно 0,933; 0,835; 0,940; 0,932; 0,874; 0,903 и 0,891. Но независимо от величины  $R^2$ , все регрессионные коэффициенты при независимых переменных значимы на уровне вероятности  $P_{0,5}$ , что свидетельствует об их адекватности и воспроизводимости. Соотношение фактических и полученных по уравнениям (2.17) значений анализируемых показателей показано на рис. 2.74-2.76.

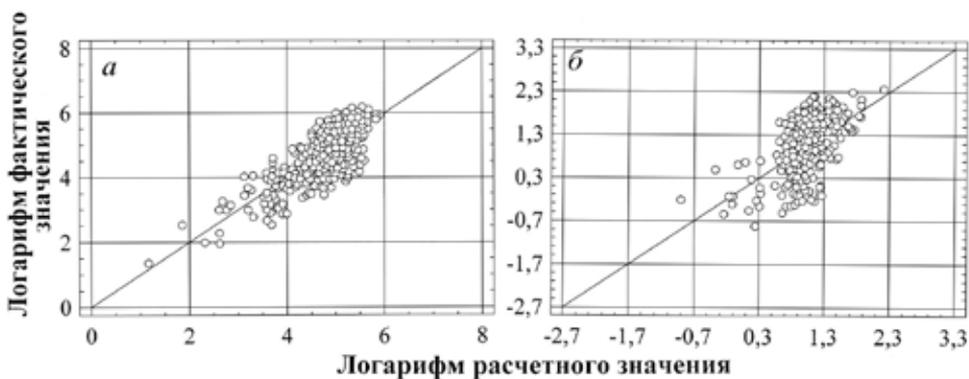


Рис. 2.74. Соотношение фактических и расчетных значений  $M$  (а) и  $Pu$  (б), полученных согласно уравнениям (2.17) для берёзовых насаждений Евразии.

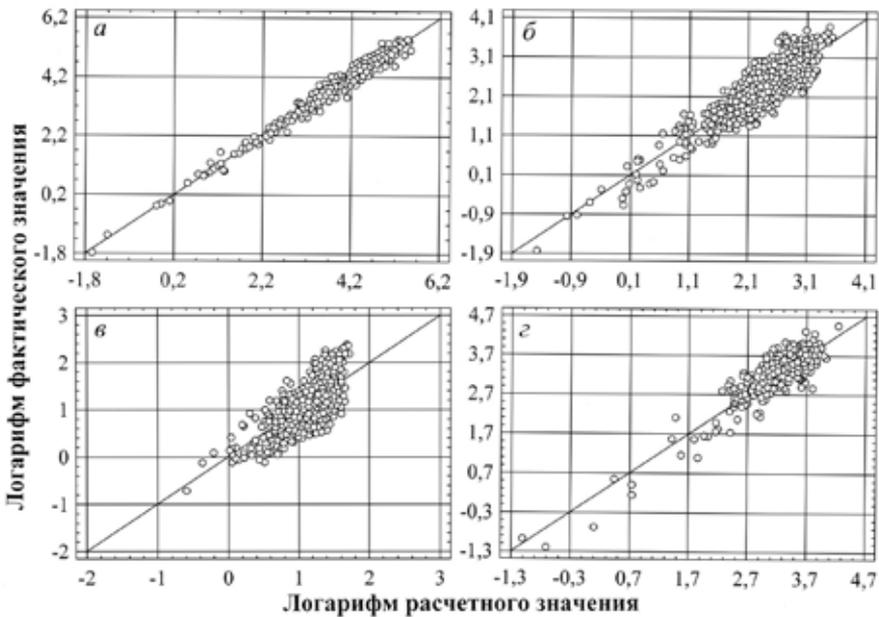


Рис. 2.75. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_S$  (а),  $P_B$  (б),  $P_F$  (в) и  $P_R$  (г), полученных согласно уравнениям (2.17) для берёзовых насаждений Евразии

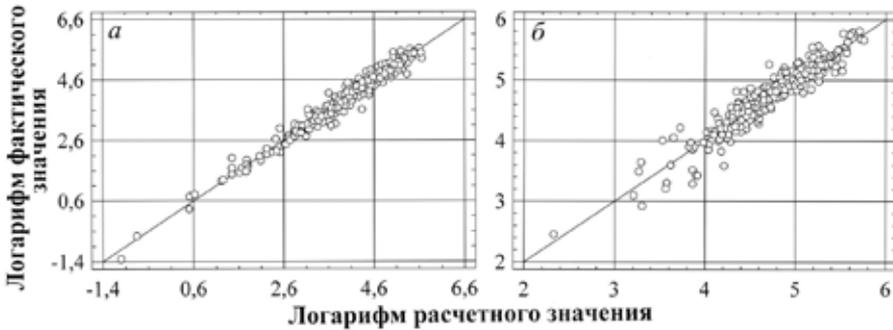


Рис. 2.76. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_A$  (а) и  $P_T$  (б), полученных согласно уравнениям (2.17) для берёзовых насаждений Евразии

Расчет регрессионных коэффициентов  $a_i$  «цепочки» уравнений (2.17) выполнен в следующей последовательности: вначале рассчитывается уравнение для  $M$  в системе (2.17) с использованием независимых переменных  $A$ ,  $Zon$  и  $ICKh$ ; затем уравнения для фракций фитомассы  $P_i$  с использованием тех же независимых переменных  $A$ ,  $Zon$  и  $ICKh$ , а также переменной  $M$ , статус которой сменился, и ранее зависимая переменная на данном этапе стала независимой (по рекурсивному принципу).

Путем последовательного табулирования уравнений (2.17), приведенных в табл. 2.23, получены возрастные тренды искомых величин для каждого зонального пояса, а в зональных поясах – для индексов континентальности климата в пределах от 55 до 95 (приложение 5). Из расчетных возрастных

трендов взяты значения фракций фитомассы для возраста 50 лет, построены графики ее зависимости от порядкового номера зонального пояса при индексе континентальности климата территории, равном 75 (рис. 2.77), а также графические представления связи фитомассы со значениями индекса континентальности в 3-м зональном поясе (рис. 2.78).

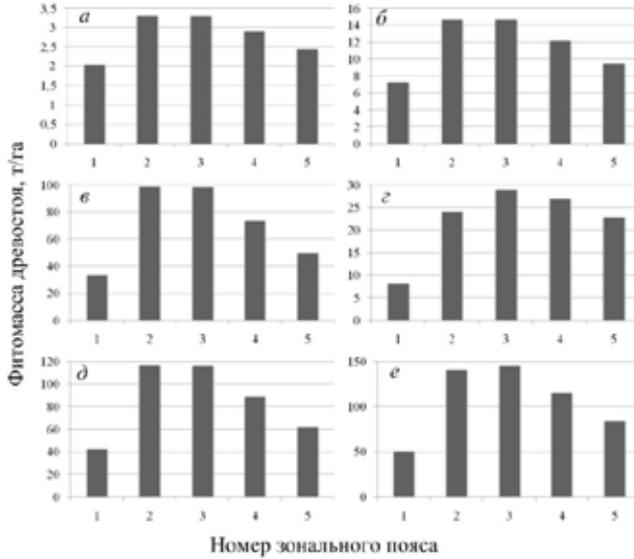


Рис. 2.77. Изменение расчетных показателей фитомассы березняков: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 50 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 75%.

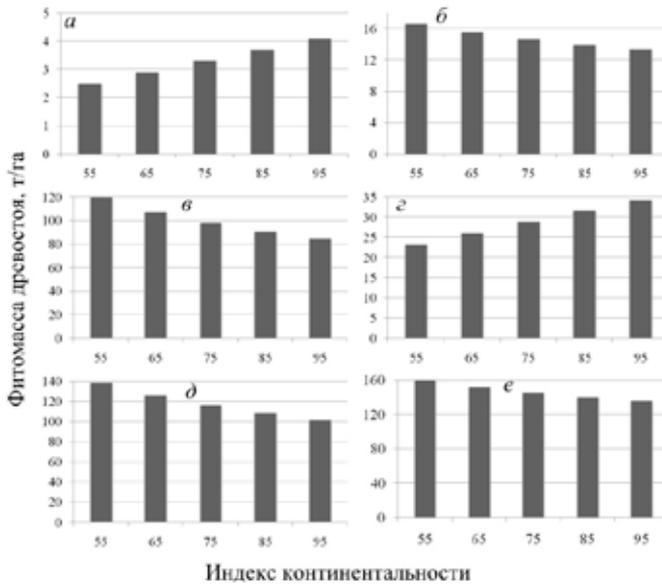


Рис. 2.78. Изменение расчетных показателей фитомассы березняков: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 50 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 2.20).

Согласно полученным результатам, при данном индексе континентальности фитомасса всех фракций березняков и её совокупные показатели изменяются по колоколообразной кривой с максимумом во 2-3-м зональных поясах (см. рис. 2.77), а при фиксированном зональном поясе (пояс 3) фитомасса стволов, ветвей, надземная и общая в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии снижается, а фитомасса листвы и корней возрастает (см. рис. 2.78).

Изменение расчетных показателей фитомассы нижнего яруса по зональному градиенту берёзовых насаждений (рис. 2.79а) отличается от такового для надземной и общей фитомассы, монотонно увеличиваясь в направлении с севера на юг, а в пределах одного зонального пояса тренды фитомассы нижнего яруса и общей фитомассы совпадают, последовательно снижаясь в направлении полюса континентальности (рис. 2.79б), как это наблюдалось и в сосняках (см. рис. 2.26 и 2.27).

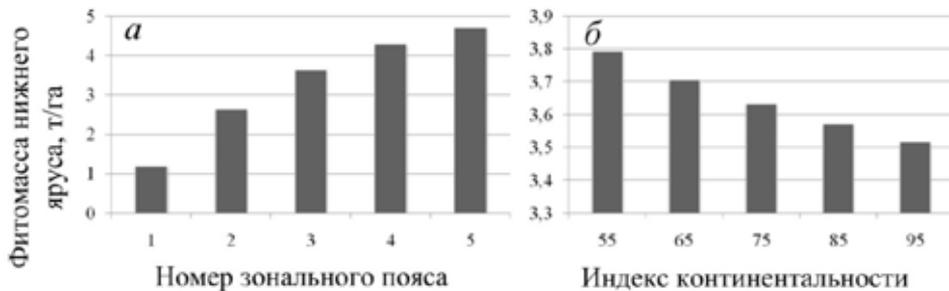


Рис. 2.79. Связь расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в возрасте 50 лет с зональной принадлежностью березняков при индексе континентальности климата, равном 75% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Отношение подземной фитомассы к надземной ( $P_R / P_A$ ) повышается как в направлении от субарктического к субэкваториальному поясу, так и в направлении полюса континентальности климата (рис. 2.80), т.е. изменяется прямо противоположно данному соотношению в лиственничниках (см. рис. 2.43 и 2.44).

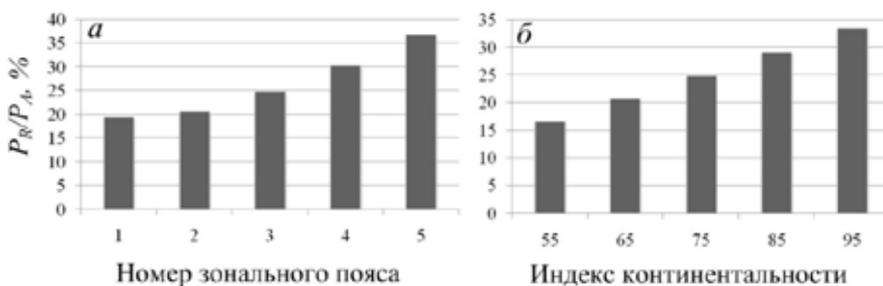


Рис. 2.80. Изменение отношения  $P_R/P_A$  в 50-летних березняках в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, по С.П. Хромову, равном 75% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Отношение фитомассы нижнего яруса к общей фитомассе березняков повышается как в направлении от 1-го зонального пояса к 5-му при одном и том же индексе континентальности, так и в направлении к полюсу континентальности в пределах одного зонального пояса (рис. 2.81).

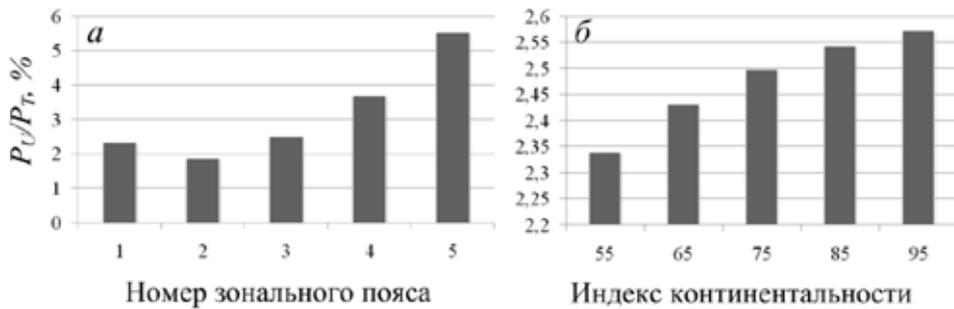


Рис. 2.81. Изменение отношения  $P_u/P_T$  в 50-летних березняках в связи: (а) с номером зонального пояса при индексе континентальности, равном 75%, и (б) с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе.

## 2.7. Насаждения осины и тополей (*Populus L.*)

### 2.7.1. Характеристика базы данных о фитомассе насаждений *Populus* в лесах Евразии

Для анализа климатически обусловленных закономерностей распределения фитомассы осиновых и тополёвых лесов Евразии из сформированной сводки (Usoltsev, 2013) взяты данные 413 пробных площадей с определениями на них фитомассы 12 видов рода *Populus L.* Распределение пробных площадей с определениями фитомассы насаждений на карте Евразии показано на рис. 2.82, а по древесным видам и странам - в табл. 2.24.



Рис. 2.82. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы (т/га) 413 насаждений осины и тополей (род *Populus L.*) на территории Евразии.

Таблица 2.24

Распределение количества пробных площадей с определениями фитомассы рода *Populus* (т/га) по видам и странам

Вид	Систематическое название	Страна	Количество пробных площадей
Осина	<i>Populus tremula</i> L.	Россия, Украина, Казахстан, Эстония, Белоруссия	188
Осина Давида	<i>P. davidiana</i> Dode	Китай, Япония	129
Тополь волосисто-плодный	<i>P. trichocarpa</i> Torr. & A.Grayex Hook.	Франция, Австрия, Великобритания, Бельгия, Нидерланды	37
Тополь лавролистный	<i>P. laurifolia</i> Ledeb.	Россия	12
Тополь белый	<i>P. alba</i> Ledeb	Россия, Казахстан	10
Тополь евроамериканский «Робуста»	<i>Populus × euroamericana</i>	Украина	10
Туранга евфратская	<i>P. euphratica</i> Olivier	Китай	9
Гибрид	<i>Populus hybrid</i>	Япония	8
Тополь дельтовидный	<i>P. deltoides</i> W.Bartram ex Humphry Marshall	Китай	6
Тополь чёрный	<i>P. nigra</i> L.	Россия	2
Тополь Бахелье	<i>Populus × bachelieri</i> Solemacher	Болгария	1
Тополь сизолистный	<i>P. pruinosa</i> Schrenk	Таджикистан	1
Итого			413

### 2.7.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы насаждений *Populus* Евразии

С целью выявления географических закономерностей в изменении биопродуктивности насаждений *Populus* на территории Евразии каждая пробная площадь, на которой было выполнено определение фитомассы насаждений, позиционирована по зональным поясам (от 1-го до 5-го) на карте-схеме Евразии (рис. 2.83) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт (рис. 2.84), рассчитанных по С.П. Хромову (1957).

По массиву исходных данных в количестве 413 определений выполнен многофакторный регрессионный анализ географической ординации густоты, запаса стволовой древесины и фитомассы насаждений рода *Populus* согласно рекурсивной системе уравнений:

$$N=f(A, Zon, ICKh) \rightarrow M=f(A, N, Zon, ICKh) \rightarrow Pi=f(A, N, M, Zon, ICKh), \quad (2.18)$$

где *ICKh* – индекс континентальности климата, по С.П. Хромову (см. рис. 2.18).

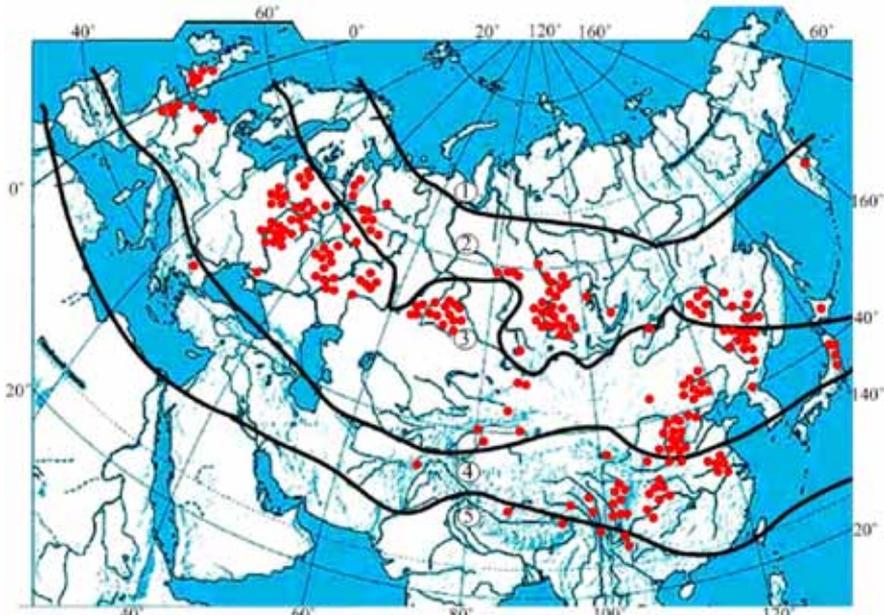


Рис. 2.83. Распределение пробных площадей насаждений *Populus* по зональным поясам (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967).

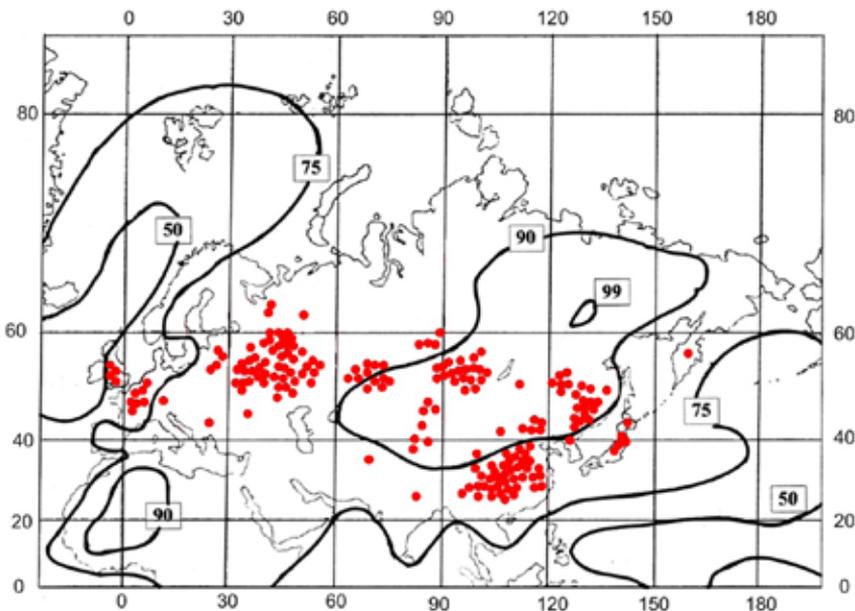


Рис. 2.84. Распределение пробных площадей насаждений *Populus* на карте-схеме изоконт Евразии (Хромов, 1957); индексы континентальности показаны цифрами.

В результате получена характеристика уравнений (2.18), приведенная в табл. 2.25. Все уравнения, приведенные в табл. 2.25, за некоторыми исключениями, характеризуются достаточно высокими коэффициентами  $R^2$ ,

свидетельствующими о их адекватности исходным данным. Соотношение фактических и полученных по уравнениям (2.17) значений анализируемых показателей показано на рис. 2.85-2.87.

Таблица 2.25

Характеристика уравнений (2.18) для насаждений *Populus*

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.18)					
	$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln N)$	$a_4(\ln N)^2$	$a_5(\ln M)$
$\ln(N)$	-9,7129	-1,3162	-	-	-	-
$\ln(M)$	20,7867	1,4888	-0,1525	-0,1447	-	-
$\ln(P_S)$	-0,3102	0,7072	-0,0759	0,0656	-	0,8904
$\ln(P_B)$	-10,2663	0,0818	-	-0,0809	-	0,6149
$\ln(P_F)$	-9,0230	-1,6727	0,2464	0,2037	-0,0584	1,0169
$\ln(P_R)$	-7,4416	0,1362	-	0,2147	-0,0672	2,1117
$\ln(P_A)$	-1,4823	0,1480	-	0,0733	-0,0235	0,8222
$\ln(P_T)$	-2,5039	0,7009	-0,0759	0,1372	-0,0480	0,7408
$\ln(P_U)$	-27,8283	-2,5891	0,3591	0,0724	-0,1466	0,2040

Продолжение таблицы 2.25

	$a_6$ ( $\ln M$ ) <sup>2</sup>	$a_7$ $\ln(Zon)$	$a_8$ ( $\ln Zon$ ) <sup>2</sup>	$a_9$ $\ln(ICKh)$	R <sup>2</sup>	SE
$\ln(N)$	-	-0,3785	-	3,4152	0,671	0,60
$\ln(M)$	-	-0,9917	-	-4,0415	0,410	0,56
$\ln(P_S)$	-	0,4460	-0,1743	-0,3913	0,964	0,16
$\ln(P_B)$	-	1,6649	-0,4247	1,8440	0,731	0,39
$\ln(P_F)$	-0,0656	0,7527	-	1,9643	0,552	0,38
$\ln(P_R)$	-0,1535	0,5646	-	0,6824	0,721	0,31
$\ln(P_A)$	-	0,2234	-	0,2387	0,954	0,17
$\ln(P_T)$	-	0,9806	-0,3071	0,3089	0,908	0,17
$\ln(P_U)$	-	1,4548	-	6,9682	0,557	0,40

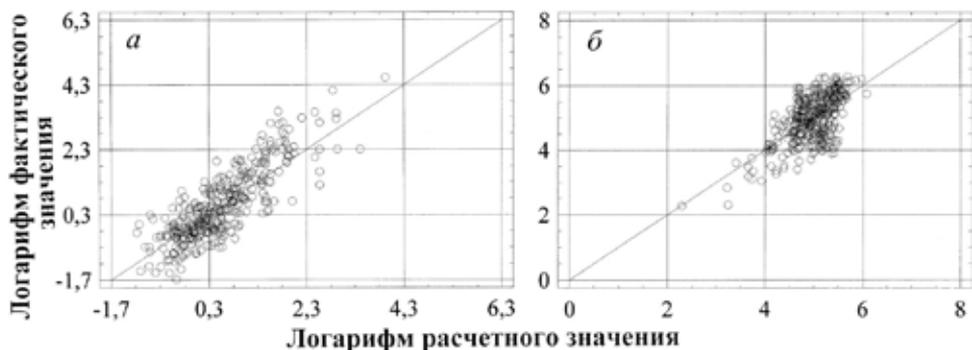


Рис. 2.85. Соотношение фактических и расчетных значений  $N$  (а) и  $M$  (б), полученных согласно уравнениям (2.18) для насаждений *Populus* Евразии.

Путем табулирования уравнений (2.18), приведенных в табл. 2.25, получены возрастные тренды искомым величин для каждого зонального пояса, а в зональных поясах – для индексов континентальности климата в пределах от 55 до 95 (приложение 6). Из расчетных возрастных трендов взяты значения фракций фитомассы для возраста 50 лет, построены графики ее зависимости от порядкового номера зонального пояса при индексе континентальности климата территории, равном 75 (рис. 2.88), а также графические представления связи фитомассы со значениями индекса континентальности в 3-м зональном поясе (рис. 2.89).

В отличие от зонального тренда надземной и общей фитомассы березняков, характеризующегося наличием оптимума во 2-м и 3-м поясах (см. рис. 2.77), подобный тренд для насаждений *Populus* совершенно иной, а именно, происходит монотонное снижение надземной и общей фитомассы в направлении от 1-го к 5-му зональным поясам (см. рис. 2.88 д, е), а в направлении к полюсу континентальности для одного и того же зонального пояса совокупные по фракциям показатели - надземная и общая фитомасса – снижаются примерно в 6 раз (см. рис. 2.89 д, е). Это означает совпадение трендов фитомассы насаждений берез и *Populus* по градиенту континентальности, но в березняках это снижение составляет всего 20-30%.

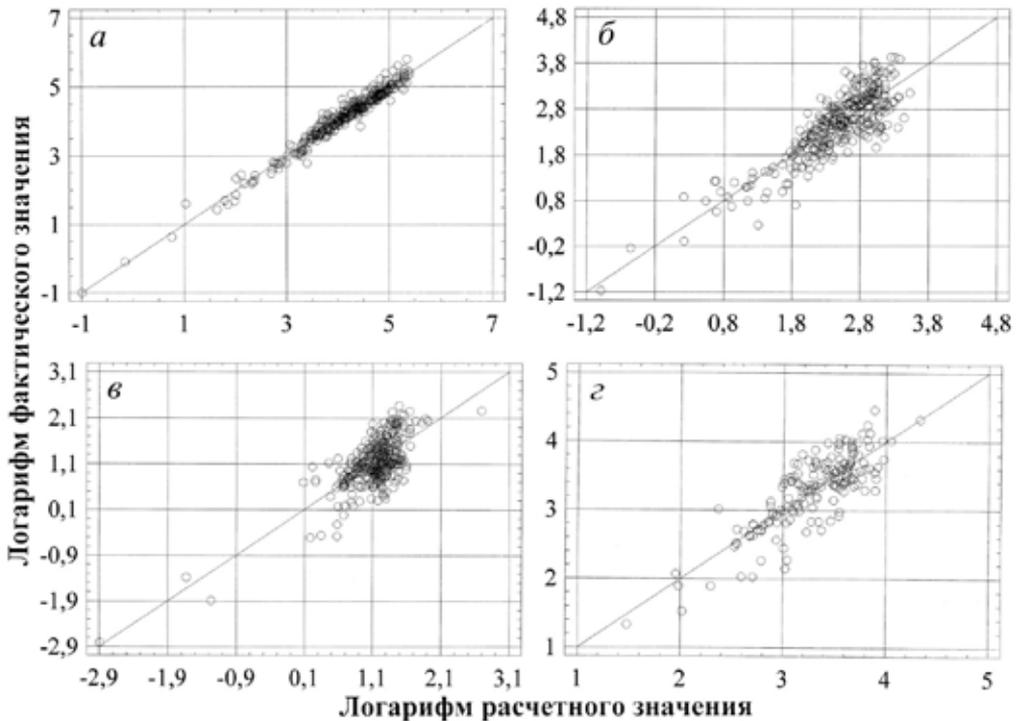


Рис. 2.86. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_S$  (а),  $P_B$  (б),  $P_F$  (в) и  $P_R$  (г), полученных согласно уравнениям (2.18) для насаждений *Populus* Евразии.

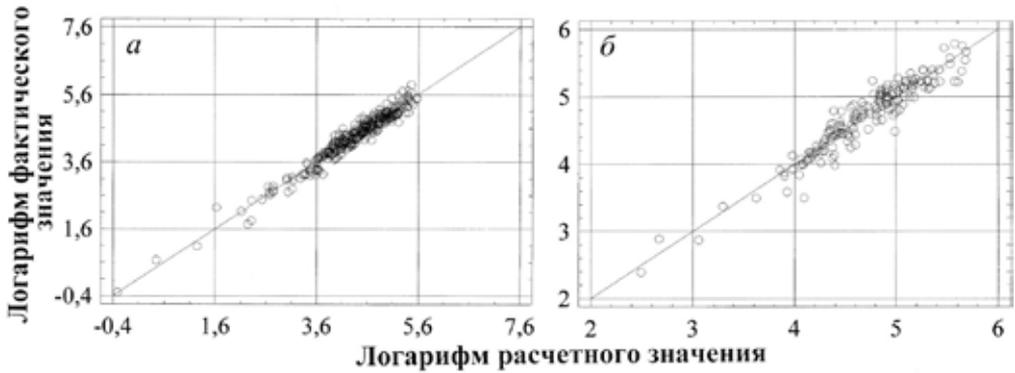


Рис. 2.87. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_A$  (а) и  $P_T$  (б), полученных согласно уравнениям (2.18) для насаждений *Populus* Евразии.

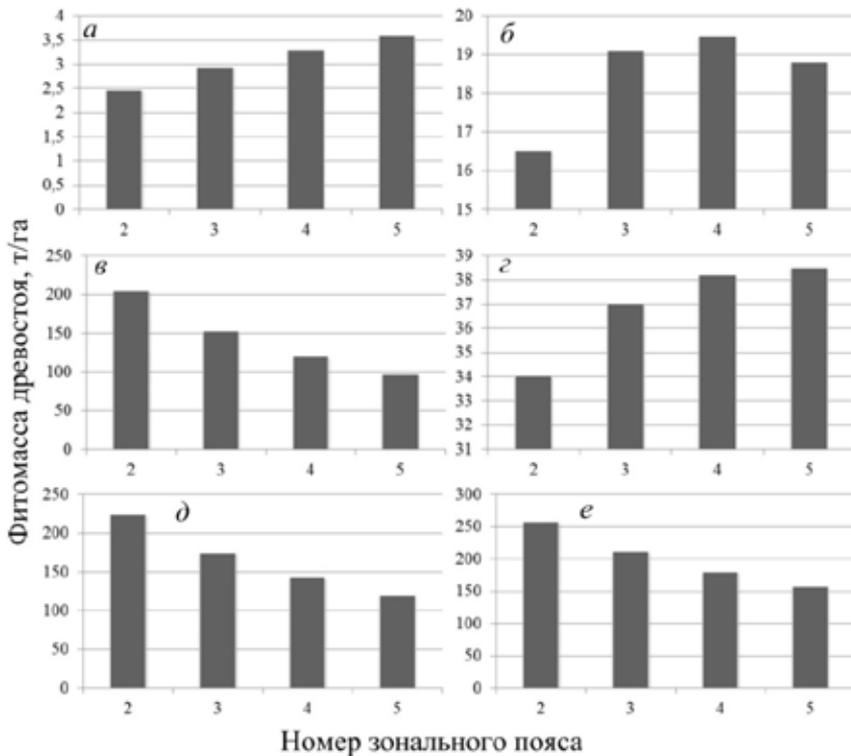


Рис. 2.88.Изменение расчетных показателей фитомассы насаждений *Populus*: листья (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 50 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 75%.

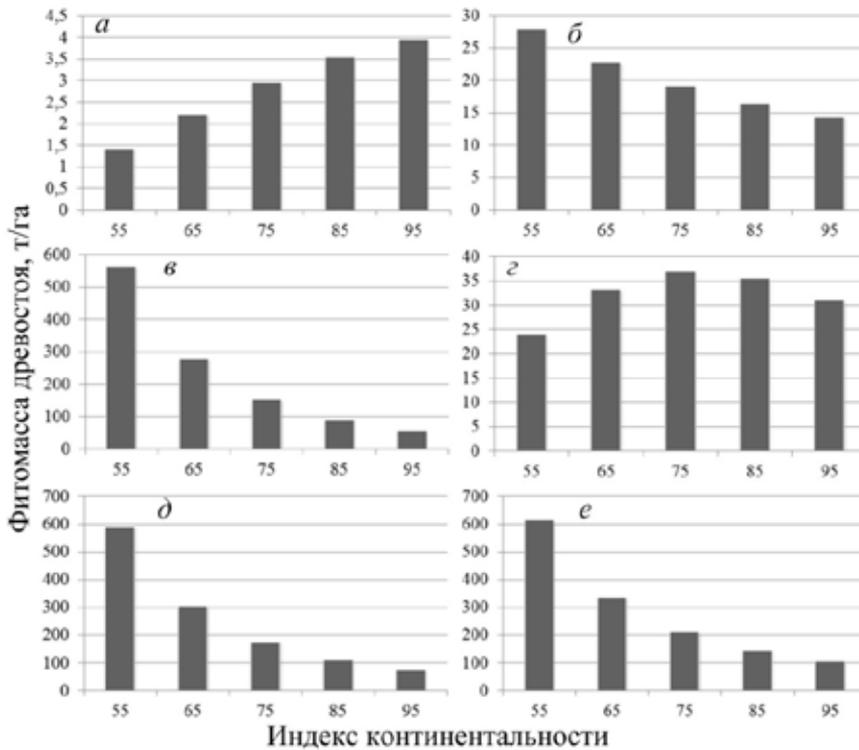


Рис. 2.89. Изменение расчетных показателей фитомассы насаждений *Populus*: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 50 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 2.20).

Изменение расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в насаждениях *Populus* по обоим трансконтинентальным градиентам противоположно изменению надземной и общей фитомассы древостоев, т.е. в направлении как с севера на юг, так и от океанических побережий к полюсу континентальности древостои по своему продукционному потенциалу уступают позиции нижнему ярусу (рис. 2.90).

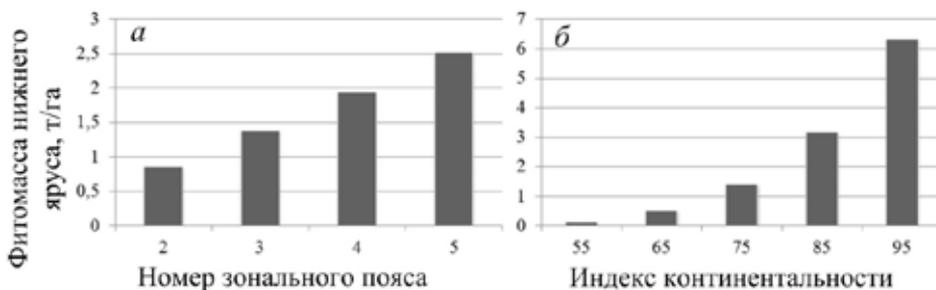


Рис. 2.90. Связь расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в возрасте 50 лет с зональной принадлежностью насаждений *Populus* при индексе континентальности климата, равном 75% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Отношение подземной фитомассы к надземной ( $P_R/P_A$ ), а также фитомассы нижнего яруса к общей древостоя ( $P_U/P_T$ ), по зональным поясам и градиенту континентальности изменяются аналогично фитомассе нижнего яруса, т.е. увеличиваются как в направлении с севера на юг, так и в направлении к полюсу континентальности (рис. 2.91 и 2.92).

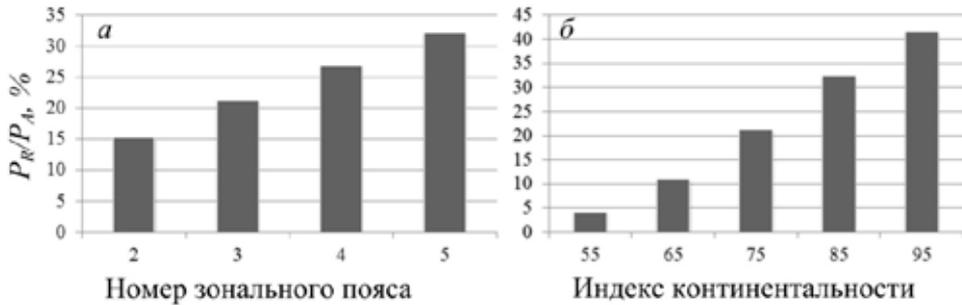


Рис. 2.91. Изменение отношения  $P_R/P_A$  в 50-летних насаждениях *Populus* в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, по С.П. Хромову, равном 75% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

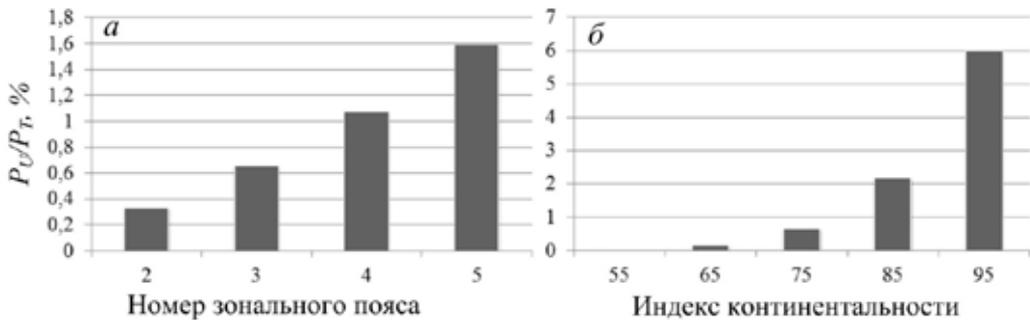


Рис. 2.92. Изменение отношения  $P_U/P_T$  в 50-летних насаждениях *Populus* в связи: (а) с номером зонального пояса при индексе континентальности, равном 75%, и (б) с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе.

## 2.8. Насаждения дуба (*Quercus* L.)

### 2.8.1. Характеристика базы данных о фитомассе дубовых насаждений в лесах Евразии

Из сформированной сводки (Usoltsev, 2013) с целью анализа климатически обусловленных закономерностей распределения фитомассы дубовых лесов Евразии взяты данные 694 пробных площадей с определениями на них фитомассы 20 видов рода *Quercus* L. Распределение пробных площадей с определениями фитомассы насаждений на карте Евразии показано на рис. 2.93, а по древесным видам и странам - в табл. 2.26.



Рис. 2.93. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы (т/га) 413 насаждений дуба (род *Quercus* L.) на территории Евразии.

Таблица 2.26

Распределение количества пробных площадей с определениями фитомассы дуба (т/га) по видам и странам

Вид	Систематическое название	Страна	Количество пробных площадей
Дуб черешчатый	<i>Quercus robur</i> L.	Россия, Белоруссия, Украина, Бельгия, Великобритания, Дания, Молдавия, Швейцария, Швеция, Испания, Чехия, Франция, Польша, Эстония	388
Дуб острейший	<i>Q. acutissima</i> Carruth.	Китай	188
Дуб скальный	<i>Q. petraea</i> Liebl.	Франция, Болгария, Молдавия, Венгрия, Белоруссия, Бельгия, Великобритания, Нидерланды	35
Дуб монгольский	<i>Q. mongolica</i> Fisch. ex Turcz.	Россия	15
Дуб пильчатый	<i>Q. serrata</i> Murray	Китай, Япония	10
Дуб хермесовый	<i>Q. coccifera</i> L.	Испания	8
Дуб каменный	<i>Q. ilex</i> L.	Испания, Италия, Франция	7
Дуб имеретинский	<i>Q. imeretina</i> Stev.	Грузия	6
Дуб красный	<i>Q. rubra</i> L.	Болгария, Великобритания	5
Дуб пушистый	<i>Q. pubescens</i> Willd.	Молдавия, Франция, Румыния	4
Дуб грузинский	<i>Q. iberica</i> Stev.	Грузия, Азербайджан	4
Дуб пиренейский	<i>Q. pyrenaica</i> Willd.	Испания	4
Дуб седой	<i>Q. leucotrichophora</i> A. Camus	Грузия, Пакистан	4

Продолжение таблицы 2.26

Дуб каштанол- листный	<i>Q. castaneifolia</i> C. A. Mey.	Азербайджан	3
Дуб сизый	<i>Q. glauca</i> Thunb.	Япония	3
Дуб филлирее- подобный	<i>Q. phillyraeoides</i> Gray.	Япония	3
Дуб курчавый	<i>Q. crispula</i> Blume	Япония	2
Дуб длинноож- ковый	<i>Q. longipes</i> Stev.	Болгария	2
Дуб пушистый	<i>Q. lanuginosa</i> Thuill.	Пакистан	2
Дуб ножкоцвет- ный	<i>Q. pedunculiflora</i> C.Koch.	Румыния	1
Итого			694

### 2.8.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы дубовых насаждений Евразии

Каждая пробная площадь, на которой было выполнено определение фитомассы насаждений дуба, позиционирована, как и в предыдущих случаях, по зональным поясам (от 2-го до 5-го) на карте-схеме Евразии (рис. 2.94) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт (рис. 2.95), рассчитанных по С.П. Хромову (1957). По результатам совмещения сформирован массив исходных данных фитомассы и рассчитана система связанных (рекурсивных) уравнений (2.18), структура которой аналогична той, что использована выше при моделировании климатических градиентов фитомассы насаждений *Populus*.

Необходимо отметить, что ареал рода *Quercus* по сравнению со всеми выше рассмотренными древесными породами охватывает лишь территории, прилегающие к атлантическому и тихоокеанскому побережьям, избегая районов с наиболее континентальным климатом (рис. 2.96). Эта специфика экологии дуба отражена и в характере распределения пробных площадей на территории Евразии (см. рис. 2.93-2.95). Наиболее протяжённым ареалом в восточном направлении обладает дуб черешчатый, распространяясь от Атлантики до Урала. Несколько уступают ему по протяженности ареалов дуб хермесовый на западе и пильчатый на востоке (см. рис. 2.96). Более узкий диапазон градиента континентальности климата у дуба по сравнению с остальными рассмотренными породами может снизить надежность климатически обусловленных трендов фитомассы дубовых насаждений.

Характеристика полученных уравнений приведена в табл. 2.27.

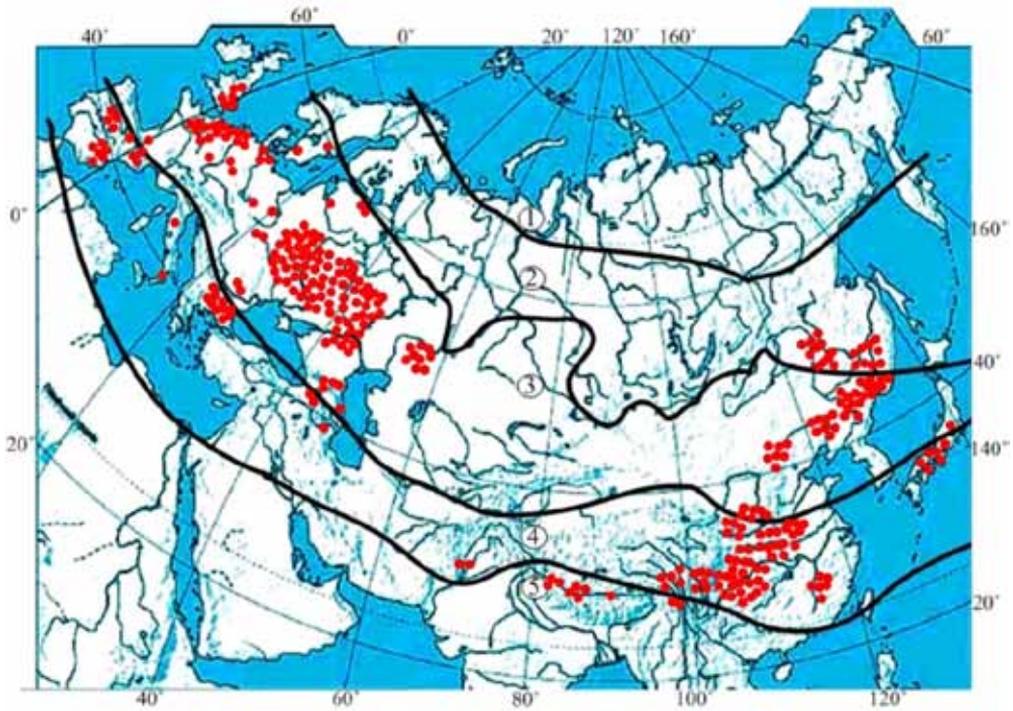


Рис. 2.94. Распределение пробных площадей насаждений дуба по зональным поясам.

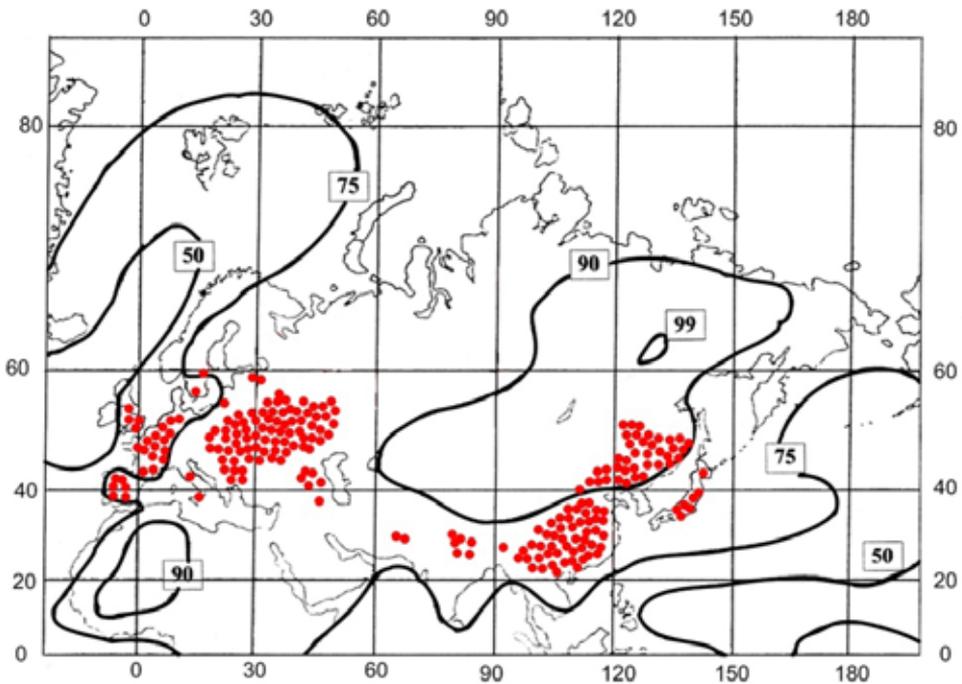


Рис. 2.95. Распределение пробных площадей насаждений дубана карте-схеме изоконт Евразии (Хромов, 1957); индексы континентальности показаны цифрами.

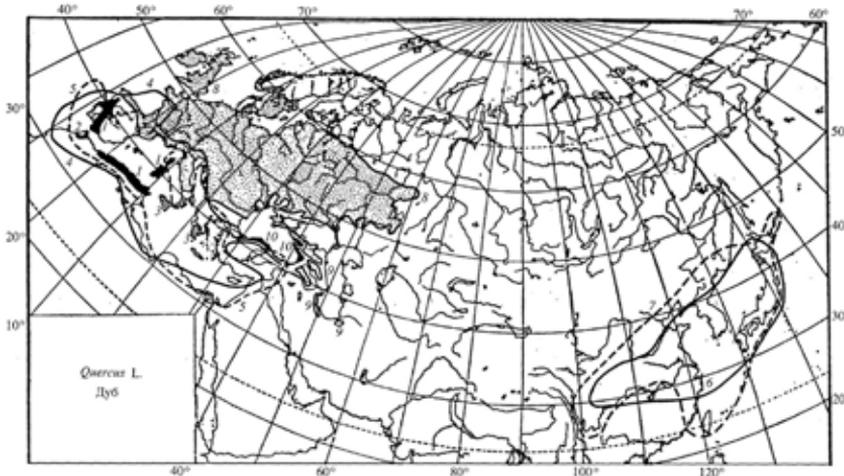


Рис. 2.96. Ареалы *Quercus suber* L. (1), *Q. occidentalis* Y. Gay. (2), *Q. hispanica* Lam (3), *Q. ilex* L. и *Q. rotundifolia* Lam (4), *Q. coccifera* L. (5), *Q. serrata* Carruth. (6), *Q. dentata* Thunb. (7), *Q. robur* L. (8), *Q. macranthera* F. et M. (9), *Q. hartwissiana* Stev. (10) (Деревья..., 1951).

Таблица 2.27

Характеристика уравнений (2.18) для дубовых насаждений

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (2.18)				
	$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln N)$	$a_5(\ln M)$
$\ln(N)$	7,3361	-3,1362	0,2347	-	-
$\ln(M)$	15,078	0,9191	-	0,0130	-
$\ln(P_S)$	0,2689	0,0457	-	0,0387	0,9835
$\ln(P_B)$	-0,5538	1,5991	-0,1346	-0,0761	0,3251
$\ln(P_F)$	-6,3808	0,5289	-	0,0875	-0,0804
$\ln(P_R)$	-2,1633	0,4277	-	0,2984	0,5461
$\ln(P_A)$	1,4214	0,5152	-0,0470	0,0155	0,7998
$\ln(P_T)$	3,7198	0,5532	-0,0460	0,0973	0,6994
$\ln(P_U)$	20,7609	0,3398	-	0,1917	0,2175

Продолжение таблицы 2.27

	$a_6$ $\ln(Zon)$	$a_7$ $(\ln Zon)^2$	$a_8$ $\ln(ICKh)$	R <sup>2</sup>	SE
$\ln(N)$	-2,0054	1,1114	0,5047	0,666	0,63
$\ln(M)$	-1,3471	0,2027	-2,8197	0,609	0,48
$\ln(P_S)$	1,0585	-0,4329	-0,3530	0,971	0,15
$\ln(P_B)$	0,4776	-	-0,6299	0,730	0,37
$\ln(P_F)$	0,8818	-	1,1603	0,359	0,34
$\ln(P_R)$	0,4886	-	0,0918	0,709	0,33
$\ln(P_A)$	0,9950	-0,3674	-0,5959	0,952	0,17
$\ln(P_T)$	0,1655	-	-0,8928	0,934	0,16
$\ln(P_U)$	-8,1656	3,6061	-3,9259	0,265	0,64

Все константы уравнений, приведенных в табл. 2.27, несмотря на низкие коэффициенты  $R^2$  по некоторым фракциям, значимы на уровне вероятности не ниже  $P_{95}$ . Соотношение фактических и полученных по уравнениям (2.18) для дуба значений анализируемых показателей показано на рис. 2.97-2.99.

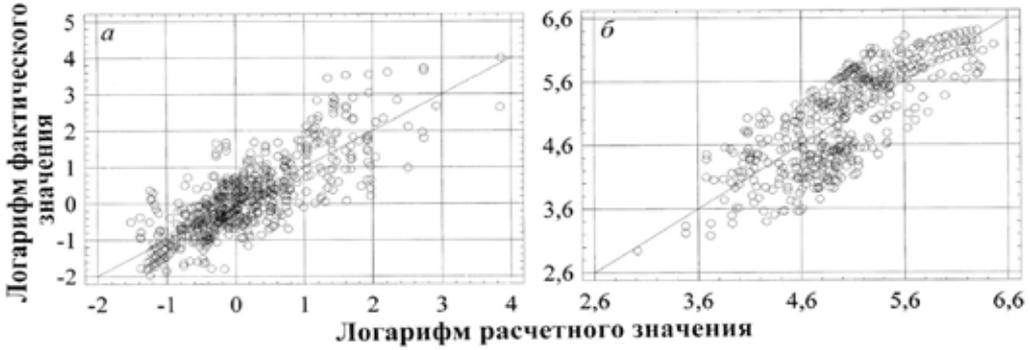


Рис. 2.97. Соотношение фактических и расчетных значений  $N$  (а) и  $M$  (б), полученных согласно уравнениям (2.18) для дубовых насаждений Евразии.

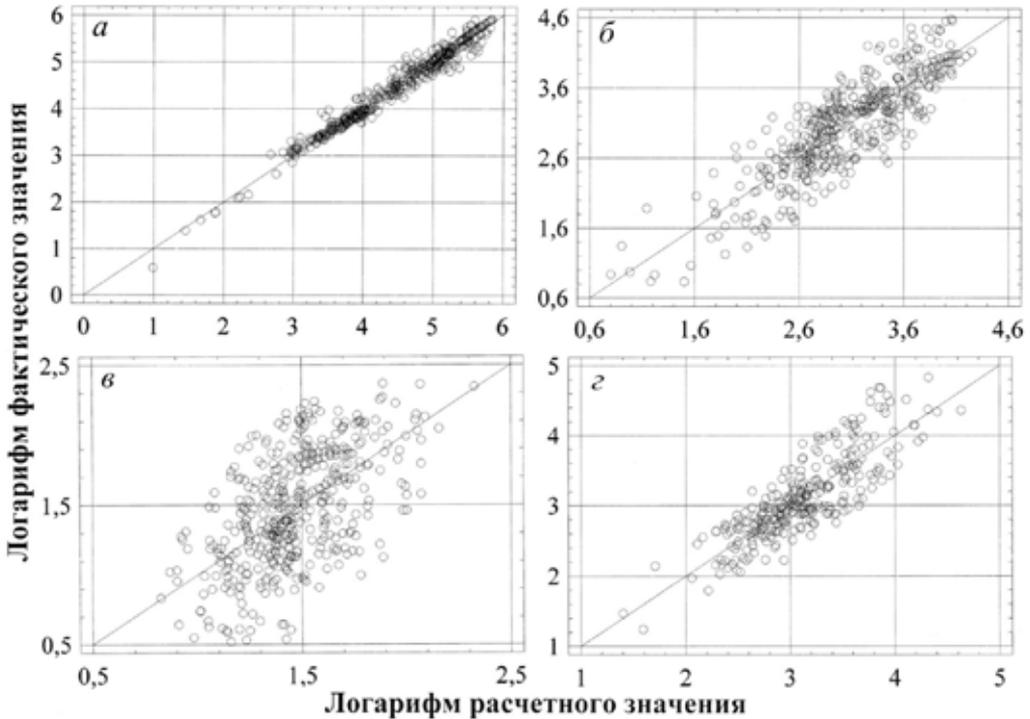


Рис. 2.98. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_S$  (а),  $P_B$  (б),  $P_F$  (в) и  $P_R$  (г), полученных согласно уравнениям (2.18) для дубовых насаждений Евразии.

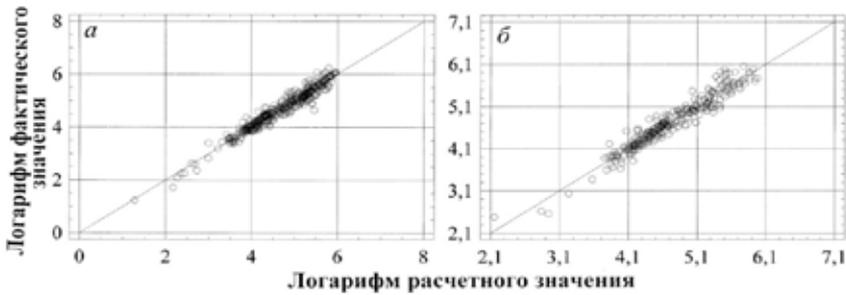


Рис. 2.99. Соотношение фактических и расчетных значений  $P_A$  (а) и  $P_T$  (б), полученных согласно уравнениям (2.18) для дубовых насаждений Евразии.

После табулирования уравнений (2.18), приведенных в табл. 2.27, с полученных возрастных трендов искомых величин (приложение 7) для каждого зонального пояса, а в зональных поясах – для индексов континентальности климата в пределах от 55 до 95 взяты значения фракций фитомассы для возраста 100 лет и построены графики ее зависимости от порядкового номера зонального пояса при индексе континентальности климата территории, равном 75 (рис. 2.100), а также графические представления связи фитомассы со значениями индекса континентальности в 3-м зональном поясе (рис. 2.101).

При сравнении климатически обусловленных трендов надземной и общей фитомассы для насаждений *Populus* и *Quercus* очевидно их совпадение с некоторым различием абсолютных значений (ср. рис. 2.88 и 2.100, а также 2.89 и 2.101), очевидно совпадение трендов также по массе листвы и стволов (ср. рис. 2.88 а,в и 2.100 а,в, а также 2.89 а,в и 2.101 а,в).

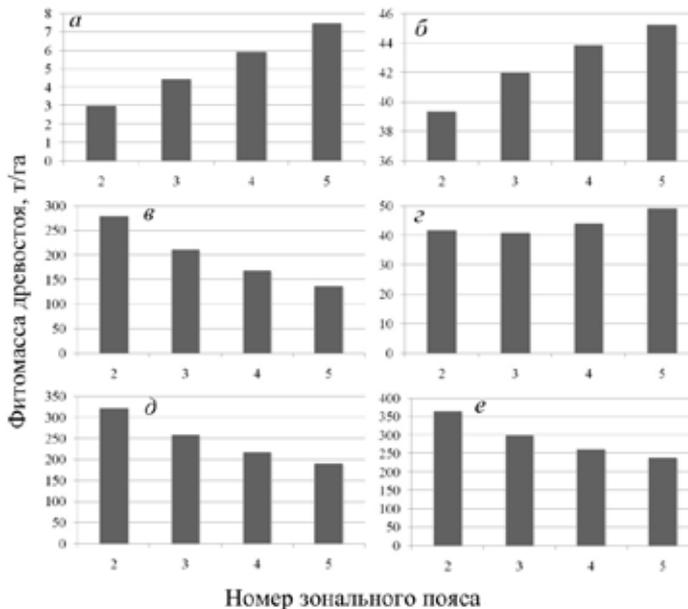


Рис. 2.100. Изменение расчетных показателей фитомассы дубовых насаждений: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 75%.

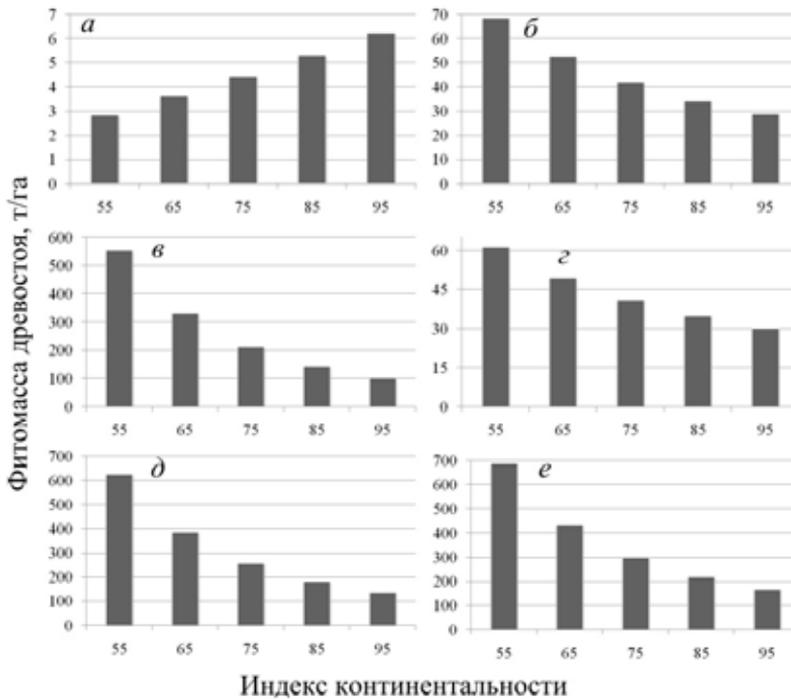


Рис. 2.101. Изменение расчетных показателей фитомассы дубовых насаждений: листья (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 2.20).

Изменение расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в дубовых насаждениях по обоим трансконтинентальным градиентам (рис. 2.102 а, б) отличается от аналогичного изменения в насаждениях *Betula* и *Populus*, но по зональному градиенту аналогично изменению фитомассы нижнего яруса в елово-пихтовых насаждениях (см. рис. 2.56 а): при минимуме во 2-3-м зональных поясах она возрастает в направлениях к 1-му и 5-му поясам. Однако по градиенту континентальности закономерности изменения фитомассы нижнего яруса в дубовых и елово-пихтовых насаждениях противоположные (ср. рис. 2.56 б и 2.102 б).

Закономерности изменения отношения подземной фитомассы к надземной ( $P_R/P_A$ ) по обоим трансконтинентальным градиентам одинаковые в насаждениях всех трёх лиственных пород (рис. 2.80, 2.91 и 2.103), но в дубовых насаждениях они противоположны аналогичным изменениям в елово-пихтовых и лиственных насаждениях (см. рис. 2.44 и 2.57).

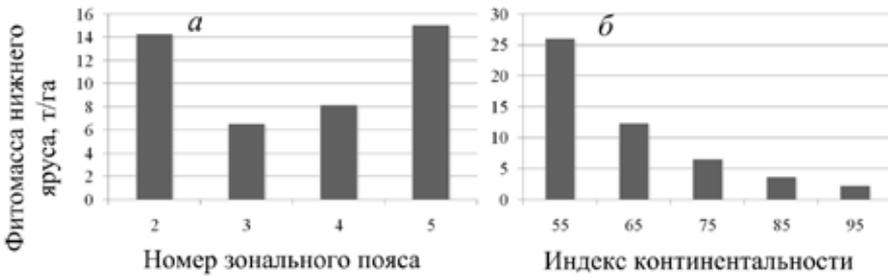


Рис. 2.102. Связь расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в возрасте 100 лет с зональной принадлежностью дубовых насаждений при индексе континентальности климата, равном 75% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

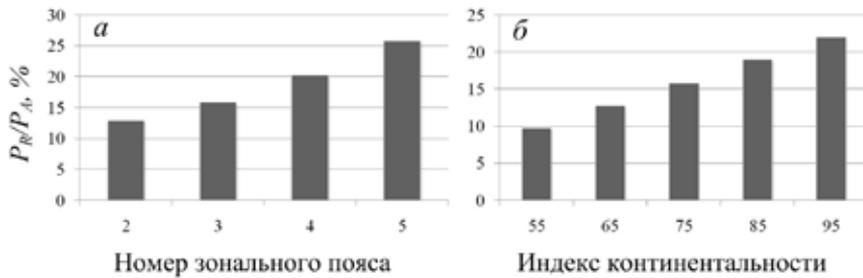


Рис. 2.103. Изменение отношения  $P_R/P_A$  в 100-летних дубовых насаждениях в связи с номером зонального пояса при индексе континентальности, по С.П. Хромову, равном 75% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Отношение фитомассы нижнего яруса к общей фитомассе древостоя по зональному градиенту изменяется одинаково в хвойных (сосновых, елово-пихтовых и лиственничных) и лиственных (дубовых и березовых, за исключением насаждений *Populus*) насаждениях, т.е. при минимуме во 2-3-м зональных поясах увеличивается как в северном, так и южном направлениях (см. рис. 2.29 а, 2.45 а, 2.58 а, 2.81 а, 2.104 а). Но по градиенту континентальности названный показатель дубовых насаждений изменяется аналогично такому же показателю только сосновых насаждений (рис. 2.29 б и 2.104 б), снижаясь в направлении полюса континентальности, по отношению остальных пород закономерности противоположные, т.е. показатель возрастает в насаждениях елово-пихтовых, лиственничных, березовых и осино-тополёвых (рис. 2.45 б, 2.58 б, 2.81 б и 2.92 б).

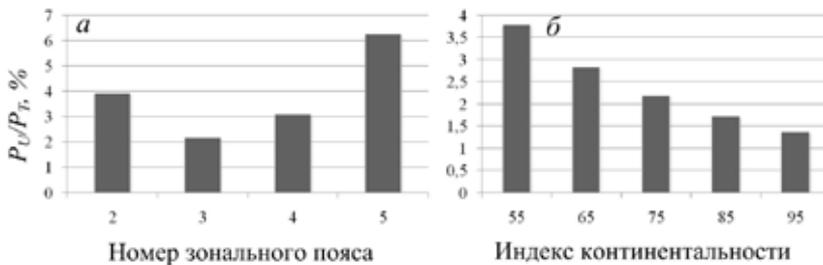


Рис. 2.104. Изменение отношения  $P_U/P_T$  в 100-летних дубовых насаждениях в связи: (а) с номером зонального пояса при индексе континентальности, равном 75%, и (б) с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе.

## Заключение по гл. 2.

Известно, что размеры продуцирования органического вещества находятся в зависимости от гидротермических условий климата отдельных регионов (Уткин, 1975), и для Евразии составлены картосхемы продуктивности «обезличенного» растительного покрова с использованием различных климатических индексов, гидротермических показателей и типов растительности (Paterson, 1956; Базилевич, Родин, 1967; Будыко, Ефимова, 1968; Лит, 1974).

В нашем исследовании поставлена задача установления географических закономерностей в изменении продуктивности лесного покрова с учётом породного состава. Очевидно, что при этом необходимо было определиться с некоторыми ограничениями и начальными условиями:

- исследуемая территория должна быть представлена, как минимум, на уровне континента, поскольку на региональных уровнях продуктивность лесного покрова определяется совокупностью многих экзо- и эндогенных факторов, привести которые в систему практически невозможно;

- на всю исследуемую территорию должны иметься в наличии картосхемы распределения основных климатических показателей, определяющих продуктивность лесного покрова;

- необходимо наличие репрезентативной базы данных о показателях биологической продуктивности насаждений, полученных на пробных площадях, и мы имеем в распоряжении наиболее полную на сегодня базу данных в количестве более 8 тыс. определений;

- поскольку вся территория материка не может быть представлена одним видом, исследование биологической продуктивности осуществляется на уровне родов; в нашем случае это *Pinus* L. (*Diploxylon* и *Haploxylon* раздельно), *Picea* Dietr., *Abies* Mill., *Larix* Mill., *Betula* L., *Populus* L. и *Quercus* L. В зоне бореальных лесов *Picea* и *Abies* произрастают совместно, эти два рода при анализе объединены.

Основными климатическими факторами, определяющими продуктивность лесного покрова, являются количество приходящей солнечной радиации и влагообеспеченность местообитаний. Первый из них определяет природную зональность лесного покрова, а второй в значительной степени связан с континентальностью климата, т.е. с удалённостью от атлантического и тихоокеанского побережий. Исходя из наличия соответствующих картосхем, которые охватывали бы всю территорию Евразии, местоположение пробных площадей в базе данных позиционировано на карте природной зональности, определяемой приходящим уровнем ФАР (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967), и на карте изоконт по С.П. Хромову (1957) или по Борисову-Ценкеру (1967).

Исследование трансконтинентальных трендов фитомассы насаждений выполнено на уровне многофакторного регрессионного анализа, и в качестве предикторов (независимых переменных) в уравнения включены принадлежность пробной площади к тому или иному зональному поясу и характеристика ее местоположения величиной индекса континентальности. Поскольку фактические данные о фитомассе представлены насаждениями в широком диапазоне возраста и морфологических характеристик, для обеспечения сопоставимых величин фитомассы разработана система рекурсивных уравнений, в первом звене которой рассчитываются зависимости морфологических показателей от возраста древостоев, дифференцированные по зональным поясам и индексам континентальности, а во втором выполняется «привязка» к ним показателей фитомассы. Из полученных возрастных трендов фитомассы, распределенных по зональным поясам и индексам континентальности, взяты значения фитомассы в возрасте 50 лет для мелколиственных и 100 лет для остальных пород и построены графики, характеризующие трансконтинентальные изменения общей (надземной и подземной) фитомассы как по зональному градиенту, так и по градиенту континентальности климата.

Установлено, что по зональному градиенту фитомасса всех хвойных монотонно возрастает с выходом на плато или незначительным снижением в направлении от северной к южной оконечности материка, а в пределах одного зонального пояса монотонно снижается в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии, как у хвойных, так и у лиственных.

Характер изменения фитомассы лиственных по зональному градиенту иной: имеется максимум в северном умеренном зональном поясе с постепенным снижением в направлении к субэкваториальному; минимальные значения фитомассы – в субарктическом поясе у *Betula*, по роду *Populus* фактические данные фитомассы здесь отсутствуют, как и по *Quercus*, но по другой причине - его ареал выше 60-й параллели не распространяется.

Фитомасса нижнего яруса имеет минимальные значения у *Pinus* в северном умеренном и у *Quercus* – в южном умеренном поясе, увеличиваясь в северном и южном направлениях, а у остальных пород монотонно возрастает в направлении к субэкваториальному поясу. В пределах одного зонального пояса по мере приближения к полюсу континентальности фитомасса у *Pinus*, *Betula* и *Quercus* монотонно понижается, а у остальных пород – увеличивается.

Отношение подземной фитомассы к надземной по зональному градиенту у *Pinus* находится в максимуме в умеренном поясе, понижаясь в северном и южном направлениях, у всех лиственных в южном направлении монотонно повышается, а у остальных пород – снижается.

Изложенные закономерности получены впервые и имеют предварительный характер: по мере дальнейшего наполнения базы фактических данных о фитомассе насаждений, применения более совершенных расчётных алгоритмов и в связи с изменением климата они могут быть подвержены смещениям.

## ГЛАВА 3. ТРАНСКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ГРАДИЕНТЫ ЧИСТОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ (ЧПП) ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЕВРАЗИИ

### 3.1. Общие замечания

Чистая первичная продукция (ЧПП) представляет собой чистый “сток” углерода из атмосферы в растительный покров и поэтому широко используется в качестве показателя интенсивности изъятия атмосферного  $\text{CO}_2$  наземными экосистемами, т.е. их углерододепонирующей способности. ЧПП – это скорость связывания растительностью атмосферного  $\text{CO}_2$  (брутто первичная продукция *GPP*) за вычетом возврата связанного углерода в атмосферу в результате дыхания растения. Последний показатель характеризуется большой неопределённостью и предельно неустойчивыми оценками (Ryan et al., 1996; Lavigne et al., 1997; Roxburgh et al., 2005).

Альтернативой является определение ЧПП таксационными методами на лесных пробных площадях (Усольцев, 2007). Первая подобная попытка была предпринята немецким лесоводом Эрнстом Эбермайером ещё в XIX в. В древостоях бука, ели и сосны в возрасте от 30 до 120 лет ЧПП (в некотором приближении) была определена как сумма годовичного прироста деревьев (стволов с ветвями и корнями) и опада в абсолютно сухом состоянии. Влияние возраста на величину ЧПП не было очевидным, и средние величины составили соответственно 6,5; 6,4 и 6,4 т сухого вещества на 1 га. Впервые было определено также годовичное депонирование углерода в количестве соответственно 2,98; 3,06 и 3,07 т/га (Ebermayer, 1876. С. 67, 78).

Дебора Кларк с соавторами (Clark et al., 2001) дают блок-схему компонентов чистой первичной продукции (ЧПП, или *NPP*) лесного насаждения, имеющейся в наличии (а) и подлежащей измерению (б), и анализируют методические аспекты по каждому из блоков (рис. 3.1). Структура ЧПП на этой схеме имеет всеобщий характер, правда, анализ методических приемов по каждому блоку выполнен авторами с учетом специфики тропических дождевых лесов.

Надземная ЧПП и годовичный прирост надземной фитомассы - понятия близкие, практически идентичные, поскольку первая величина превышает вторую на величину потерь вследствие объедания фитофагами какой-то части хвои и побегов текущего года, вымывания элементов питания дождевыми осадками и т.п., а эта разность ничтожно мала. Поэтому надземная ЧПП (*NPP*) и годовичный прирост надземной фитомассы являются, по существу, синонимами, поскольку разница между ними находится в пределах точности оценивания.

«Картина глобального распределения фитомассы и ЧПП является тем лекалом, по которому происходит эволюция жизни на Земле. Представлениями о глобальной модели биологической продуктивности сформированы многие аспекты экологической и эволюционной теории, особенно те, которые касаются биологического разнообразия, видообразования, динамики популяций, их устойчивости, реликтовых видов и их сохранения», - пишут М. Хастон и С. Волвертон (Huston, Wolverton, 2009).



Рис. 3.1. Компоненты первичной продукции лесного насаждения, имеющиеся в наличии (а) и подлежащие измерению (б) (Clark et al., 2001).

Взаимосвязь фитомассы и ЧПП обусловлена чисто теоретическими предпосылками: фитомасса является непосредственной функцией годичной продукции, и оба показателя лимитируются одними и теми же экологическими факторами, такими как температура, обеспеченность влагой и элементами питания, хотя величина фитомассы зависит и от других неучтенных факторов (Keeling, Phillips, 2007).

Хотя ЧПП и фитомасса насаждений определяются одними и теми же эндо- и экзогенными факторами, но характер зависимостей от этих факторов у них разный. Показатели фитомассы достаточно консервативны, тогда как ЧПП более чутко реагирует на изменение названных факторов, в том числе возраста. Например, фитомасса и ЧПП насаждений с некоторого возраста начинает снижаться, но этот процесс по ЧПП начинается намного раньше, чем по наличной фитомассе и определяется нарушением баланса между фотосинтезом и дыханием, снижением доступности элементов почвенного питания и снижением скорости фотосинтеза – факторами, к которым фитомасса менее чувствительна (Gower et al., 1996).

При первых попытках анализа и моделирования соотношения «ЧПП: фитомасса» возраст древостоев игнорировали и пытались вывести некую обобщенную линейную зависимость, единую для всех древесных и кустарниковых видов (рис. 3.2).

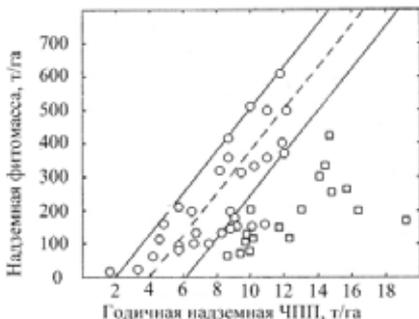


Рис. 3.2. Взаимосвязь надземной фитомассы и соответствующей ЧПП (Whittaker et al., 1974); кружками обозначены данные для климаксовых и предклимаксовых североамериканских и европейских древесных и кустарниковых видов, включая кипарисовые редины; квадратами – молодняки хвойных и лиственных древесных видов.

Американские исследователи (Whittaker, Likens, 1973; Whittaker et al., 1974), собрав все имеющиеся на тот момент данные о соотношении «*фитомасса: ЧПП*» для североамериканских и европейских древесных и кустарниковых видов (обозначены кружками на рис. 3.2), вывели их линейную взаимосвязь

$$P_{abo} = 0,625 Z_{abo} - 250, \quad (3.1)$$

где  $P_{abo}$  и  $Z_{abo}$  – здесь и далее соответственно надземная фитомасса и соответствующая годовичная ЧПП (т/га). На рис. 3.2 в верхнюю часть доверительной зоны регрессии вошли исключительно климаксовые (спелые и перестойные), а в нижнюю – предклимаксовые насаждения. Молодняки хвойных и лиственных древесных видов (обозначены квадратами за пределами доверительной зоны) были исключены авторами из регрессионного анализа, как и крупноствольные древостои секвойи.

В ходе МБП существенно возросла информация о биопродуктивности лесов, и первые результаты программы были опубликованы в виде сводки (DeAngelis et al., 1981). Американскими исследователями (O'Neill, DeAngelis, 1981) данные МБП были наложены на график, показанный на рис. 3.2, вернее, лишь на ту его часть, которая соответствует доверительной зоне регрессии (3.1) с включенными в анализ климаксовыми и предклимаксовыми насаждениями (Whittaker, Likens, 1973). Оказалось, что данные МБП для спелых насаждений в основной своей части легли в доверительный интервал регрессии (3.1), за исключением молодых культур вечнозеленых древесных видов (рис. 3.3). Как и предыдущие исследователи, названные авторы (O'Neill, DeAngelis, 1981) выбраковали все фактические данные, выходящие за пределы доверительной зоны линейной регрессии (3.1), а поскольку данные для спелых насаждений в обоих случаях уложились в доверительную зону регрессии (3.1), то они подтвердили ее правомерность.

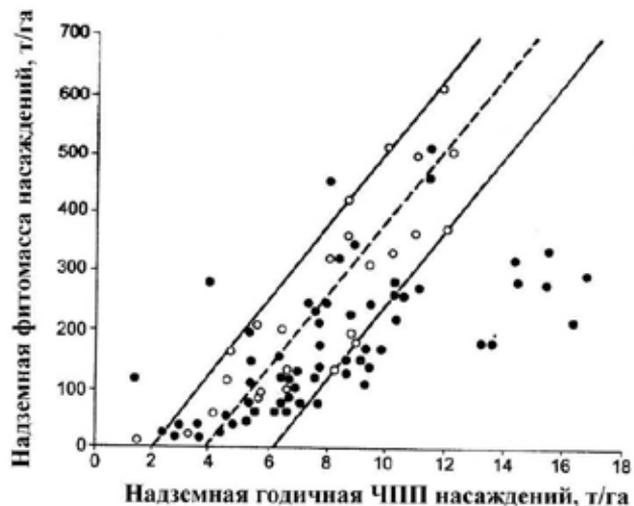


Рис. 3.3. Взаимосвязь надземной фитомассы и соответствующей ЧПП; пустые кружки – данные Р. Уиттекера и Г. Лайкенса (Whittaker, Likens, 1973); сплошные кружки – данные 117 определений по материалам МБП (O'Neill, DeAngelis, 1981)

При расчете уравнения (3.1) (Whittaker, Likens, 1973; Whittaker et al., 1974) и при последующем его подтверждении (O'Neill, DeAngelis, 1981) были использованы фактические данные временных пробных площадей, на которых был учтен полный фракционный состав (стволы, ветви и листва). Соответственно надземная фитомасса и ЧПП получены путем суммирования фитомассы и ЧПП составляющих компонентов. ЧПП фракций фитомассы оценивалась «ретроспективным» методом (Усольцев, 2007). Однако при этом фактический материал охватывал сравнительно небольшой интервал годичной ЧПП, от 2 до 16 т/га, включая в основном бореальную зону и в меньшей степени – зону умеренных лесов. Для наиболее продуктивных тропических лесов данные отсутствовали.

С целью охватить весь диапазон климатических условий англичане Х. Килинг и О. Филипс (Keeling, Phillips, 2007) использовали расчетный метод определения фитомассы и ЧПП на основе глобальных сводок аллометрических уравнений для фитомассы деревьев разных пород. При этом ЧПП определялась не ретроспективно, а в режиме реального времени роста насаждений как разность запасов фитомассы за некоторый период времени плюс ее отпад и опад за этот же период. Они проанализировали данные около 190 спелых насаждений разных пород в зонах бореальных, умеренных и тропических лесов четырех континентов (кроме Австралии).

Полученный результат разительно отличался от выводов предшественников: зависимость «фитомасса: ЧПП» имеет не линейный, как на рис. 3.2 и 3.3, а колоколообразный либо асимптотический характер (рис. 3.4). Надземная фитомасса на 1 га нарастает и достигает пика при величине ЧПП, равной 15-20 т/га в год, затем выходит на плато при ЧПП, равной 20-30 т/га в год либо постепенно снижается при годичной ЧПП > 30 т/га. Применив критерий Акайке (Akaike, 1974), авторы установили, что колоколообразная закономерность является наиболее вероятной.

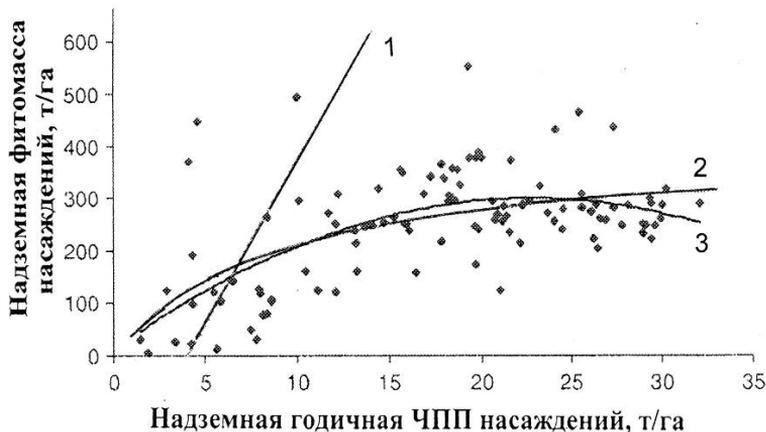


Рис. 3.4. Зависимость надземной фитомассы от соответствующей ЧПП насаждений в зонах бореальных, умеренных и тропических лесов:

1 – по уравнению (3.1) (Whittaker, Likens, 1973; O'Neill, DeAngelis, 1981); 2 – по кривой, выходящей на плато  $Pabo = 403,6 Zabo / (Zabo + 9,08)$ ,  $R^2 = 0,36$ ; 3 – по квадратичной параболе  $Pabo = 11,0 + 25,33Zabo - 0,555(Zabo)^2$ ,  $R^2 = 0,33$  (Keeling, Phillips, 2007).

Но и это еще не всё. Американские исследователи В. Харрис с коллегами (Harris et al., 1973) для смешанных насаждений шт. Теннесси установили третий вид взаимосвязи, отличающийся как от прямой, так и от параболической (рис. 3.5). Хотя это тоже парабола, но оси координат поменялись местами. Наибольшее значение ЧПП (16-24 т/га) здесь соответствует фитомассе 200-270 т/га. На рис. 3.4 максимальное значение фитомассы около 300 т/га приходится на ЧПП, равную 17-20 т/га. Иными словами, на рис. 3.4 *максимальное* значение фитомассы 300 т/га соответствует *оптимальному* значению ЧПП 17-20 т/га, а на рис. 3.5, напротив, *максимальное* значение ЧПП 16-24 т/га соответствует *оптимальной* величине фитомассы 200-270 т/га, т.е. оптимумы и максимумы поменялись местами.



Рис. 3.5. Зависимость годичной надземной ЧПП смешанных насаждений шт. Теннесси от надземной фитомассы (Harris et al., 1973).

На примере 96 насаждений двухвойной сосны китайской (*Pinus tabulaeformis* Carr.) в зоне умеренных лесов Китая был показан (рис. 3.6, слева) нелинейный характер зависимости  $Z \sim P$  (Fang et al., 1996). Видно, что ЧПП нарастает по мере увеличения фитомассы, но не пропорционально, а с замедлением темпа нарастания. Названную зависимость авторы описали уравнением

$$1/Z_{tot} = 0,0166 + 5,71/P_{tot}; R^2 = 0,86, \quad (3.2)$$

где  $Z_{tot}$  и  $P_{tot}$  – здесь и далее годичная общая (надземная и подземная) ЧПП и соответственно фитомасса (т/га).

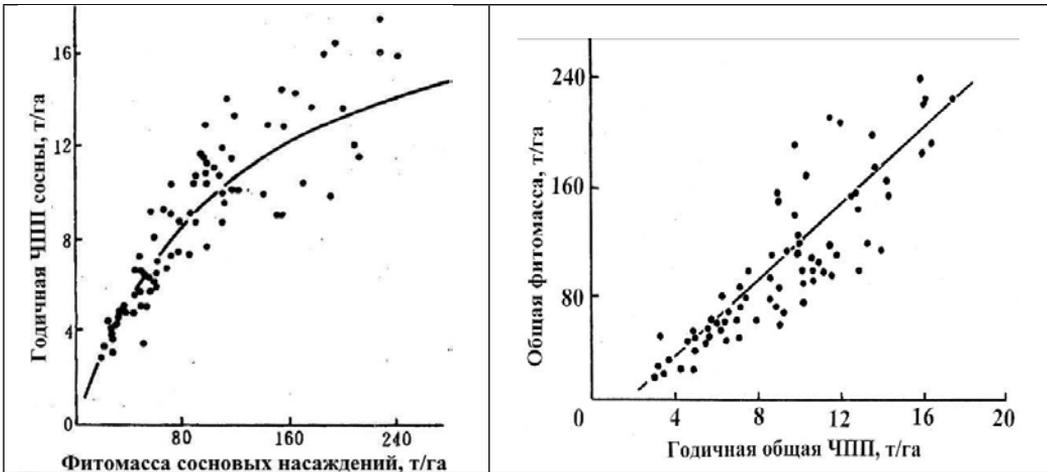


Рис. 3.6. Зависимость общей ЧПП от фитомассы (слева) по уравнению (3.2) и общей фитомассы от общей ЧПП (справа) по уравнению (3.3) в 96 насаждениях *Pinus tabulaeformis* Китая (Fang et al., 1996)

Однако то же поле распределения фактических данных в координатах  $P \sim Z$  вполне можно описать линейной функцией. С целью привести упомянутую линейную зависимость в соответствие с графиками на рис. 3.3–3.4, поле распределения данных нами развернуто на  $90^\circ$ , т.е. оси координат поменяны местами (рис. 3.6, справа), и рассчитано уравнение

$$P_{tot} = 14,19 Z_{tot} - 29,09; R^2 = 0,77. \quad (3.3)$$

Анализ более полной базы данных общей ЧПП и фитомассы (т/га) *Pinus tabulaeformis* для зоны умеренных лесов и субтропиков (от  $33^\circ$  до  $43^\circ$  с.ш.) в количестве 160 определений (Усольцев, 2010; Usoltsev, 2013) подтвердил линейный характер взаимосвязи названных показателей (рис. 3.7), которая описана автором уравнением

$$P_{tot} = 11,09 Z_{tot} + 1,98; R^2 = 0,76. \quad (3.4)$$

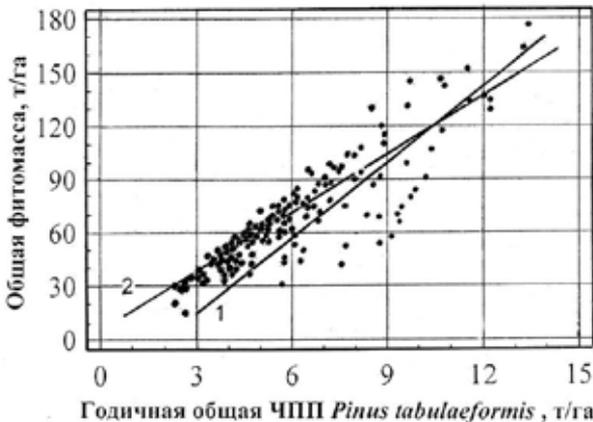


Рис. 3.7. Зависимость общей ЧПП от фитомассы *Pinus tabulaeformis* Китая:

- 1 - по уравнению (3.3) (Fang et al., 1996);
- 2 - по нашим материалам 160 насаждений базы данных (Usoltsev, 2013), уравнение (3.4).

Трудоемкость получения фактических данных ЧПП насаждений существенно превышает таковую при определении их фитомассы, и по этой причине в базах данных количество определений фитомассы в шесть раз больше, чем ЧПП (Усольцев, 2010). Очевидно, что получение значений ЧПП по известной фитомассе насаждений ( $Z \sim P$ ) более актуально, чем наоборот ( $P \sim Z$ ).

А.И. Уткин с соавторами (2004), исследовав соотношения  $Z \sim P$  для восьми лесообразующих древесных пород Северной Евразии не пошли по пути своих предшественников (см. рис. 3.2 и 3.3), отбраковывавших молодые и приспевающие насаждения, не вписывавшиеся в их представление о линейной зависимости  $P \sim Z$ , и модифицировали соотношение  $Z \sim P$  путем включения в регрессионную зависимость возраста древостоя ( $A$ , лет).

По данным фитомассы и ЧПП разных древесных пород, полученным на 420 пробных площадях Северной Евразии, они рассчитали серию уравнений вида:

$$Z_{abo} = a_0 + a_1(P_{abo}/A). \quad (3.5)$$

$R^2$  уравнений (9) составил: для сосны обыкновенной 0,741, для ели 0,672, для дуба 0,697, для березы 0,729, для осины 0,380, для липы 0,322, для ольхи черной 0,622 и для ольхи серой 0,680.

В частности, для сосняков (*Pinus sylvestris*) в возрасте от 9 до 202 лет при надземной фитомассе от 5 до 368 т/га А.И. Уткин с соавторами (2004) предложили уравнение

$$Z_{abo} = 0,7 + 2,5(P_{abo}/A), \quad (3.6)$$

табулированием которого автором получена его графическая интерпретация (рис. 3.8), дающая наглядное представление о том, что возраст существенно влияет на соотношение ЧПП и фитомассы сосняков. Верхняя линия для возраста 10 лет на рис. 3.8 учитывает возрастную категорию древостоев, отбракованную на рис. 3.2 и 3.3 (при развороте графиков на  $90^\circ$ ).

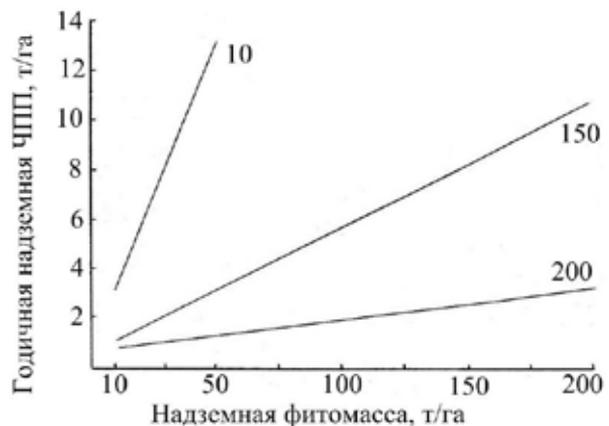


Рис. 3.8. Зависимость ЧПП от фитомассы сосны обыкновенной (т/га) для возраста 10, 150 и 200 лет (показан цифрами), полученная по уравнению (3.6) и данным 217 пробных площадей (Уткин и др., 2004).

Таким образом, количественное описание соотношения  $Z\sim P$  (или  $P\sim Z$ ) крайне противоречиво, а из всех действующих на него факторов исследования влияние лишь возраста древостоя.

Величина ЧПП, как и фитомассы насаждений (см. раздел 2.1), определяется гидротермическим режимом местообитаний. По поводу применения климатических индексов при оценке ЧПП насаждений К.Б. Лосицкий и В.С. Чуенков (1980) полагают, что ни одна формула индекса «...не раскрывает физической сущности связей между теплом, влагой и годичным приростом древесины. Отсюда значение индексов биологически не обусловлено» (С. 51). Использование комплексного климатического индекса (см. раздел 2.1) имело смысл на ранних этапах исследований потенциальной продуктивности, до наступления периода «компьютерного бума», пока техника многофакторного регрессионного анализа была еще не освоена и анализировались лишь простые парные взаимосвязи. Сегодня, при наличии множества соответствующих стандартных программ, упомянутые недостатки комплексного климатического индекса могут быть устранены путем построения адекватных эмпирических моделей и их систем, построенных с учетом дифференцированной по экорегионам доли влияния отдельных климатических факторов (Усольцев, 2003).

Подобный подход был уже к какой-то мере использован отечественными исследователями, и он вполне оправдал себя. Так, А.А. Григорьев и М.И. Будыко (1956) при выводе периодического закона географической зональности исходили из того, что расположение географических зон невозможно локализовать лишь по сетке координат, и в пределах одного широтного пояса (и соответствующей градации радиационного баланса), продуктивность растительного покрова определяется условиями увлажнения. Для их идентификации авторы предложили показатель радиационного индекса сухости  $R/Lr$ , где  $R$  – годовой радиационный баланс,  $L$  – скрытая теплота испарения,  $r$  – годовые осадки. В пределах широтного (зонального) пояса максимальная продуктивность растительного покрова наблюдается при значении названного индекса 0,7-0,8. При возрастании радиационного баланса по широтному градиенту от 20 до 70 ккал/см<sup>2</sup> максимальная продуктивность растительного покрова увеличивается с 5 до 35 т/га в год, а при нарастании индекса сухости от 0,8 до 4-5 продуктивность снижается по всем широтным поясам до минимальной – 2-3 т/га в год (Будыко, Ефимова, 1968).

Н.И. Базилевич с соавторами (1968) по имеющимся на тот момент данным пробных площадей составили карту первичной продуктивности территорий и рассчитали её зависимость от радиационного баланса  $R$  и индекса сухости  $R/Lr$  совместно (рис. 3.9). Ими установлено, что чистая первичная продукция (ЧПП) насаждений увеличивается от северных широт к южным в соответствии с возрастанием тепловых ресурсов, но неравномерно: при  $R/Lr = 1$  увеличение  $R$  от минимальных значений до 40 ккал/см<sup>2</sup> в год при-

водит вначале к резкому росту ЧПП, а затем последняя стабилизируется. При значениях  $R > 40$  ккал/см<sup>2</sup> в год преобладающая роль в увеличении ЧПП принадлежит влаге, и при  $R/Lr < 1$  она повышается особенно заметно.

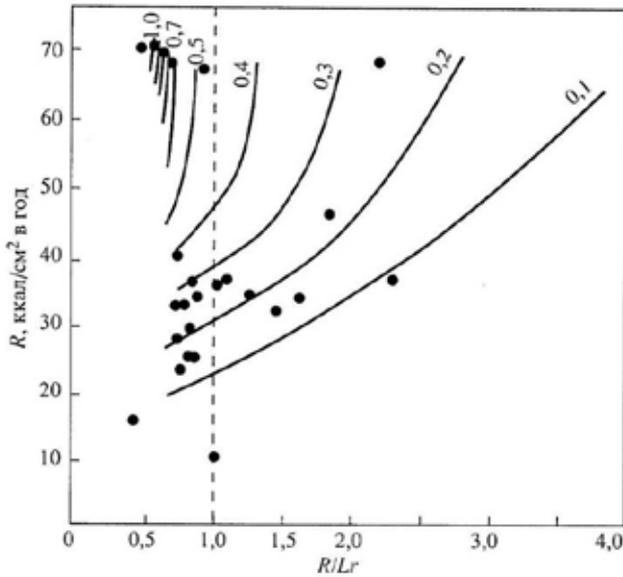


Рис. 3.9. Схема изменения относительных величин полного годового прироста (в долях единицы максимального прироста, показаны цифрами) зональных растительных сообществ в зависимости от радиационного баланса  $R$  и индекса сухости  $R/Lr$  (Базилевич и др., 1968; Дроздов, 1969).

В разделе 2.1 была показана зависимость уровня продуцирования органического вещества от гидротермических условий климата, определяемых специфическими вкладами солнечной радиации, температуры, влажности и других факторов. Фактором, опосредующим одновременно влагообеспечение и солнечную энергию, является эвапотранспирация, при этом солнечная энергия определяет фазовый перенос доступной воды и лимитирует фотосинтез (Rosenzweig, 1968). Осадки и биотемпература, по Л.Р. Холдриджу (Holdridge, 1967), выполняют соответственно аналогичные функциональные роли (см. рис. 2.3). Это согласуется с утверждением Г.Ф. Хильми (1976): «Транспирация растительным покровом влаги практически полностью происходит за счет поглощаемой им физиологически активной радиации» (с. 10).

Зависимость ЧПП от уровня эвапотранспирации Х. Лит (1974) описал экспоненциальной функцией, назвав ее кривой насыщения (рис. 3.10). Он использовал данные по эвапотранспирации более 1000 метеостанций, равномерно распределенных по Земному шару, а также фактические данные ЧПП, полученные в ходе МБП и усредненные для той или иной формации. Используя названную зависимость и карту фактической эвапотранспирации Гейгера, Х. Лит составил карту первичной продуктивности суши.

Аналогичная карта была создана Х. Литом (1974) на основании парных зависимостей ЧПП от температуры и осадков (рис. 3.11), которая показала хорошее соответствие с первой.

Зависимости ЧПП от среднегодовой температуры и осадков (см. рис. 3.11) были повторены коллективом авторов (Luysaert et al., 2007) на существенно более обширной, глобальной базе данных в количестве 513 пробных площадей 8 основных биомов суши (рис. 3.12). Если на графиках Х. Литы (см. рис. 3.11) визуально просматриваются парные зависимости ЧПП от каждого из двух факторов, то на рис. 3.12, где нанесены современные данные ЧПП, полученные в значительно большем объёме, проследить достаточно чёткие зависимости, особенно в связи с осадками, практически уже невозможно, хотя, казалось бы, при большем числе наблюдений искомые зависимости должны быть более значимыми.

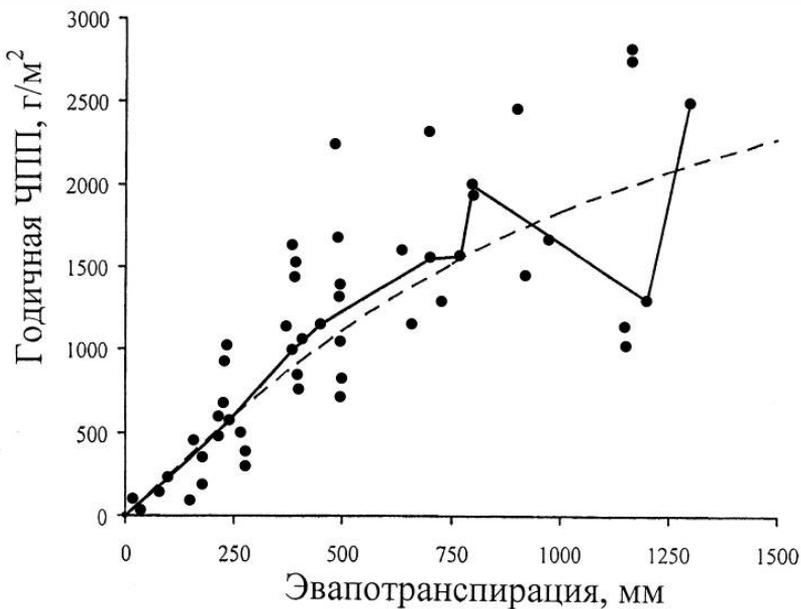


Рис. 3.10. Зависимость годичной ЧПП фитомассы в абсолютно сухом состоянии для 20 растительных формаций Земного шара от фактической эвапотранспирации (Лит, 1974).

Причина подобного расхождения, по-видимому, состоит в том, что в случае, когда игнорируются существенные, определяющие ЧПП факторы, увеличение числа наблюдений ничего не даёт. Такими неучтёнными факторами в данном случае являются основные морфометрические показатели лесных фитоценозов, которые варьируют в естественных условиях в широком диапазоне, перекрывающем диапазон варьирования ЧПП под влиянием собственно температуры и осадков.

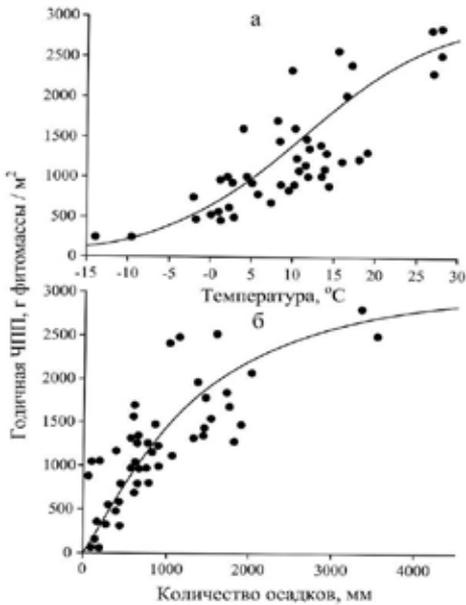


Рис. 3.11. Зависимость ЧПП фитомассы в абсолютно сухом состоянии для 20 растительных формаций земного шара от среднегодовой температуры (а) и среднегодового количества осадков (б) (Лит, 1974).

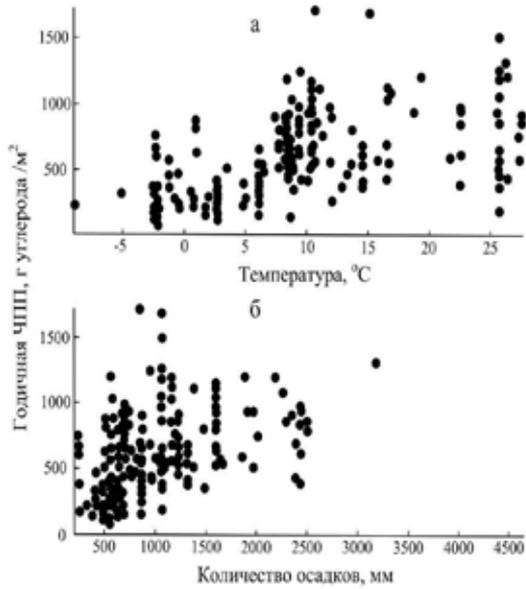


Рис. 3.12. Зависимость годичной ЧПП по углероду по данным 513 местообитаний 8 биомов земного шара от среднегодовой температуры (а) и среднегодового количества осадков (б) (Luuyssaert et al., 2007).

Согласно М. Хастону с соавторами (Huston, Wolverton, 2009) максимальные значения ЧПП по зональному (широтному) профилю приходятся на 20-ю параллель северного полушария (рис. 3.13), а согласно К. Андерсону с соавторами (Anderson et al., 2006) – на экваториальную область (рис. 3.14). Возможно, небольшое расхождение вызвано использованием разных баз исходных данных ЧПП: в первом случае южный предел растительности ограничен Австралией (40-я параллель южного полушария), а во втором случае – южной оконечностью Южной Америки (55-я параллель южного полушария). Примерно такая же закономерность представлена на рис. 3.15, характеризующем зависимость почвенного дыхания по трансконтинентальному зональному градиенту, что свидетельствует о единой основе функционирования лесных экосистем, когда процессы депонирования атмосферного углерода (приходная часть углеродного цикла) взаимосвязаны с интенсивностью разложения органического вещества (расходная часть цикла).

Более того, Г. Лундегорд (1937. С. 304) показывает, что интенсивность «фактора углекислоты» (Kohlensäurefaktor) можно косвенно установить через «абсолютное почвенное дыхание» и что «фактор углекислоты в значительной степени является эдафическим фактором» (Lundegårdh, 1927, 1953).

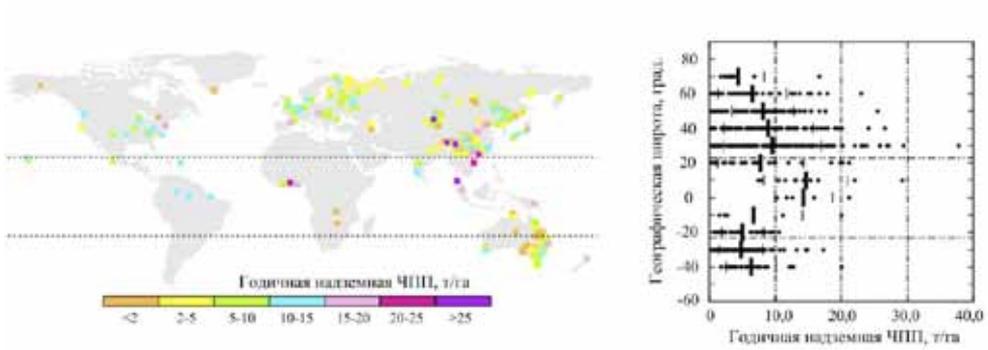


Рис. 3.13. Глобальное распределение годичной надземной ЧПП спелых насаждений планетарных лесов (Huston, Wolverson, 2009).

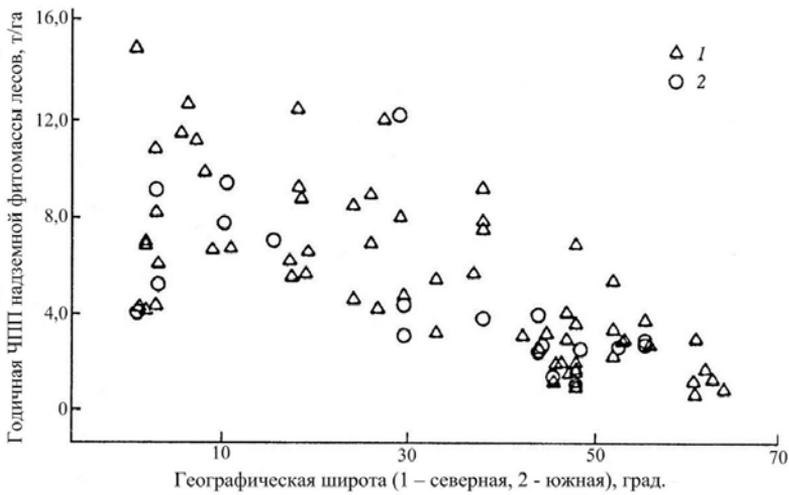


Рис. 3.14. Распределение годичной ЧПП надземной фитомассы лесов (т/га) от тропиков к полюсам (Anderson et al., 2006).

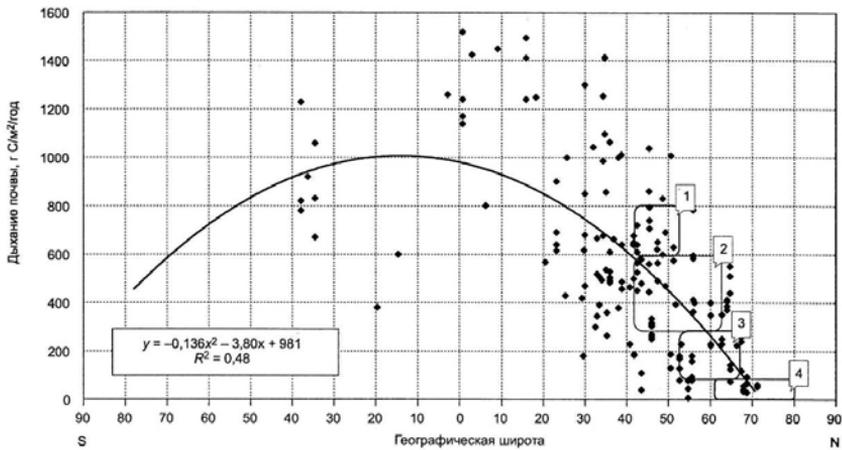


Рис. 3.15. Географическое распределение дыхания почв мира: 1 – чернозёмы; 2 – степные почвы; 3 – почвы тайги; 4 – мерзлотные почвы (Наумов, 2009).

Ранее при исследовании географии ЧПП сосновых и еловых насаждений (Усольцев, 2007), а также кедровых (Усольцев, 2013) и лиственничных (Усольцев и др., 2014) насаждений Северной Евразии использовались данные только тех пробных площадей, на которых определены и фитомасса, и ЧПП. А поскольку таких данных обычно в несколько раз меньше, чем данных одной только фитомассы, представляется более правомерным для получения надежных результатов использовать оба упомянутых массива данных: исследовать географию стволового запаса и фракций фитомассы насаждений по данным большего массива пробных площадей с измерениями на них только фитомассы, а географию ЧПП фракций в зависимости от фитомассы - по данным меньшего массива пробных площадей с последующим совмещением тех и других результатов по рекурсивному принципу (Clutter, 1963; Borders, Bailey, 1986).

### **3.2. Методы и результаты моделирования трансконтинентальных климатически обусловленных градиентов ЧПП**

Как уже упоминалось, фактических данных о ЧПП и фитомассе насаждений лесообразующих древесных пород Евразии в несколько раз меньше, чем об одной только фитомассе. Для анализа географии ЧПП лесообразующих пород Евразии нами использована сформированная база данных в количестве 2242 определений ЧПП и фитомассы (Usoltsev, 2013), в том числе: для двухвойных сосен (подрод *Pinus*) 920 определений на пробных площадях, в том числе 690 (75%) в естественных насаждениях и 230 (25%) в культурах; для елово-пихтовых насаждений (*Picea* Dietr. и *Abies* Mill.) 480, для лиственниц (*Larix* Mill.) 116, для березняков (*Betula* L.) 230, для осинников и тополельников (*Populus* L.) 166 и для дубовых насаждений (*Quercus* L.) 280 определений. Кедровые сосны (5-хвойный подрод *Haploxyylon*, куда вошли *Pinus sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* S. et Z. и *P. pumila* (Pall.) Regel) в данном разделе анализируются отдельно и по другой методике по причине недостаточного количества фактических данных ЧПП и фитомассы - всего 50 определений.

Распределение пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы лесообразующих пород на карте-схеме Евразии показано на рис. 3.16, а по древесным видам и странам - в табл. 3.1. С целью выявления географических закономерностей в изменении ЧПП лесообразующих пород на территории Евразии каждая пробная площадь, на которой было выполнено определение их ЧПП и фитомассы, позиционирована по зональным поясам (от 1-го до 5-го) на карте-схеме Евразии (рис. 3.17) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт С.П. Хромова (рис. 3.18).

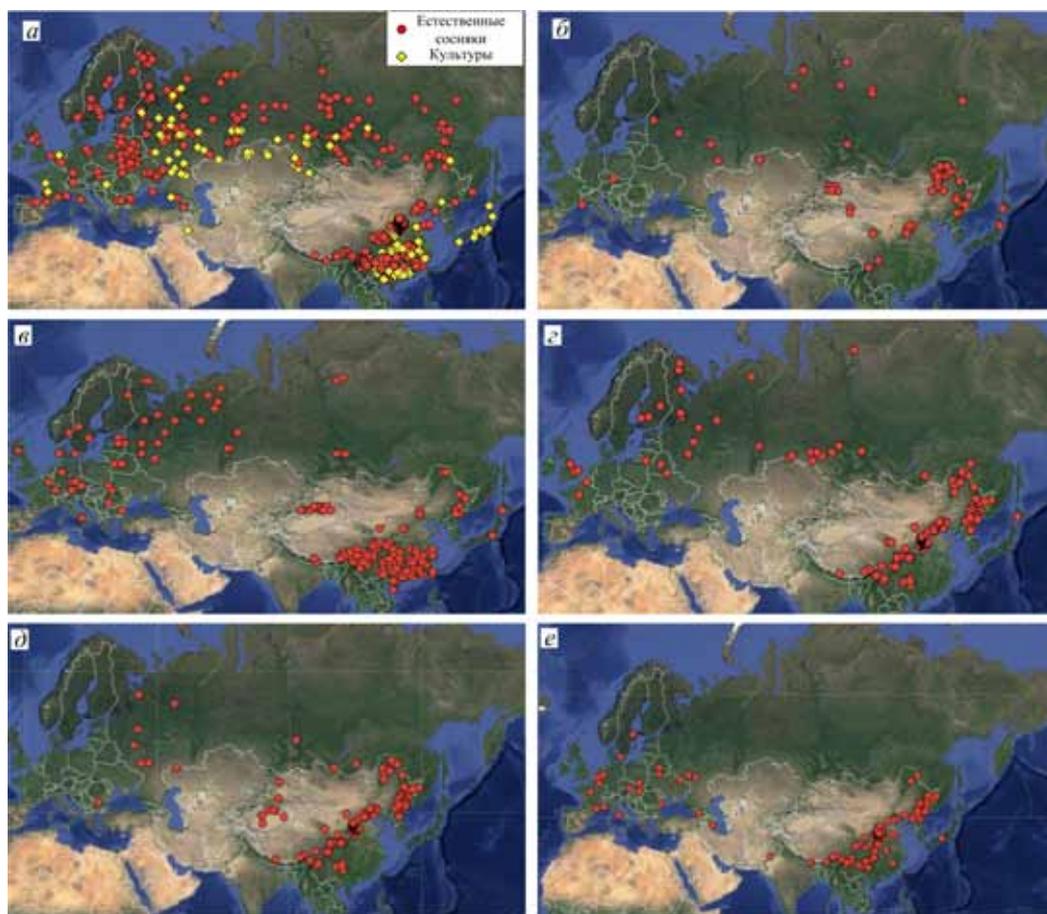


Рис. 3.16. Распределение экспериментальных данных о ЧПП и фитомассе лесообразующих пород на территории Евразии: *а* – сосняки, подрод *Pinus*; *б* – лиственничники, *в* – елово-пихтовые насаждения, *г* – березняки, *д* – осинники и тополёвники и *е* – дубовые насаждения.

Таблица 3.1

Распределение количества пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы лесообразующих пород по видам и странам

Вид	Систематическое название	Страна	Количество пробных площадей
<b>Подрод <i>Pinus</i></b>			
Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Россия, Казахстан, Белоруссия, Украина, Финляндия, Швеция, Англия, Чехия, Болгария, Франция, Китай, Германия, Бельгия, Испания, Литва, Норвегия	561
С. китайская	<i>P. tabulaeformis</i> Carr.	Китай	162

С. Массона	<i>P. massoniana</i> Lamb.	Китай	65
С. тайванская	<i>P. taiwanensis</i> Hayata	Китай	55
С. юннаньская	<i>P. yunnanensis</i> Franchet	Китай	46
С. австрийская	<i>P. nigra</i> Arn.	Англия, Германия, Нидерланды	
С. густоцветная	<i>P. densiflora</i> S. et Z.	Япония	7
С. Тунберга	<i>P. thunbergii</i> Parl.	Япония	15
С. веймутова	<i>P. strobus</i> L.	Япония	6
С. итальянская	<i>P. pinea</i> L.	Франция	2
			1
Итого			920
<b>Род <i>Larix</i> Mill.</b>			
Лиственница Гмелина	<i>L. Gmelinii</i> (Rupr.) Rupr.	Китай	56
Л. сибирская	<i>L. sibirica</i> Ldb.	Россия, Китай	26
Л. Принца Рупрехта	<i>L. Principis-ruprechtii</i> Mayr	Китай	12
Л. Чекановского	<i>L. Czekanovskii</i> Turcz.	Россия	10
Л. европейская	<i>L. decidua</i> Mill.	Россия, Франция, Чехия	5
Л. Сукачёва	<i>L. sukaczewii</i> N. Dyl.	Россия	3
Л. японская	<i>L. leptolepis</i> Gord.	Япония	3
Л. Каяндера	<i>L. cajanderi</i> Mayr.	Россия	1
Итого			116
<b><i>Picea</i> Dietr. (ель) и <i>Abies</i> Mill. (пихта)</b>			
Ель европейская	<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.	Белоруссия, Бельгия, Болгария, Германия, Дания, Италия, Литва, Норвегия, Россия, Украина, Франция, Чехия, Швеция, Эстония, Япония	121
Е. аянская	<i>P. jezoensis</i> (S.&Z.) Carrière	Китай	155
Е. сибирская	<i>P. obovata</i> L.	Россия	75
Е. Шренка	<i>P. schrenkiana</i> F. & C.A.Mey.	Китай	17
Е. ситхинская	<i>P. sitchensis</i> (Bong.) Carrière	Великобритания, Ирландия	8
Е. пурпурная	<i>P. purpurea</i> Masters	Китай	4
Пихта китайская колючая	<i>Cunninghamia</i> <i>lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	Китай	97
П. европейская	<i>A. alba</i> Mill.	Румыния, Украина	3
Итого			480

<b>Род <i>Betula</i> L.</b>			
Берёза белая	<i>Betula pendula</i> Roth. <i>B. pubescens</i> Ehrh.	Россия, Казахстан, Великобритания, Белоруссия, Финляндия, Швеция, Литва, Бельгия, Норвегия, Франция, Дания (Гренландия)	116
Б. полезная	<i>B. utilis</i> D.Don	Китай	100
Б. извилистая	<i>B. tortuosa</i> Ldb.	Россия	3
Б. плосколистная	<i>B. platyphylla</i> Suk.	Китай, Россия	5
Б. Максимовича	<i>B. maximo-wicziana</i> Rgl.	Япония	3
Б. Кузмищева	<i>B. kusmisscheffii</i> (Rgl) Suk.	Россия	2
Б. карликовая	<i>B. nana</i> L.	Россия	1
Итого			230
<b>Род <i>Populus</i> L.</b>			
Осина	<i>Populus tremula</i> L.	Россия	20
Осина Давида	<i>P. davidiana</i> Dode	Китай	127
Тополь белый	<i>P. alba</i> Ledeb	Казахстан	9
Туранга евфратская	<i>P. euphratica</i> Olivier	Китай	9
Тополь Бахелье	<i>Populus × bachelieri</i> Solemacher	Болгария	1
Итого			166
<b>Род <i>Quercus</i> L.</b>			
Дуб черешчатый	<i>Quercus robur</i> L.	Россия, Белоруссия, Бельгия, Швеция, Чехия, Франция, Польша	61
Д. острейший	<i>Q. acutissima</i> Carruth.	Китай	187
Д. скальный	<i>Q. petraea</i> Liebl.	Венгрия, Бельгия, Нидерланды	5
Д. пильчатый	<i>Q. serrata</i> Murray	Китай	9
Д. каменный	<i>Q. ilex</i> L.	Италия, Франция	2
Д. имеретинский	<i>Q. imeretina</i> Stev.	Грузия	6
Д. пушистый	<i>Q. pubescens</i> Willd.	Франция, Румыния	2
Д. седой	<i>Q. leucotrichophora</i> A.Camus	Пакистан	2
Д. каштановолистный	<i>Q. castaneifolia</i> C. A. Mey.	Азербайджан	3
Д. курчавый	<i>Q. crispula</i> Blume	Япония	1
Д. пушистый	<i>Q. lanuginosa</i> Thuill.	Пакистан	1
Д. ножкоцветный	<i>Q. pedunculiflora</i> C.Koch.	Румыния	1
Итого			280

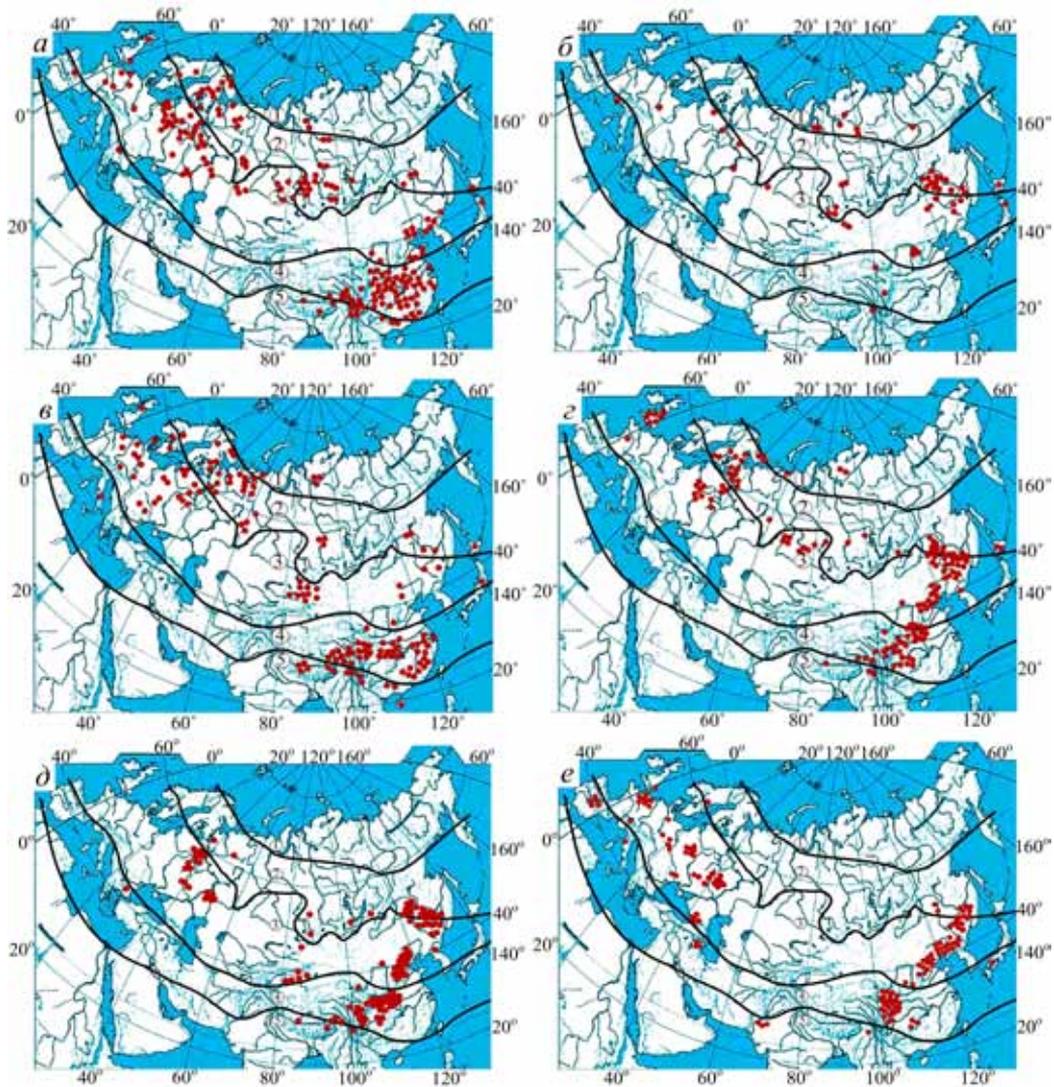


Рис. 3.17. Распределение пробных площадей, на которых определены ЧПП и фитомасса лесообразующих пород на территории Евразии, по зональным поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 – субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967). Обозначения древесных пород: а – сосняки, подвид *Pinus*; б – лиственничники, в – елово-пихтовые насаждения, г – березняки, д – осинники и тополёвники и е – дубовые насаждения.

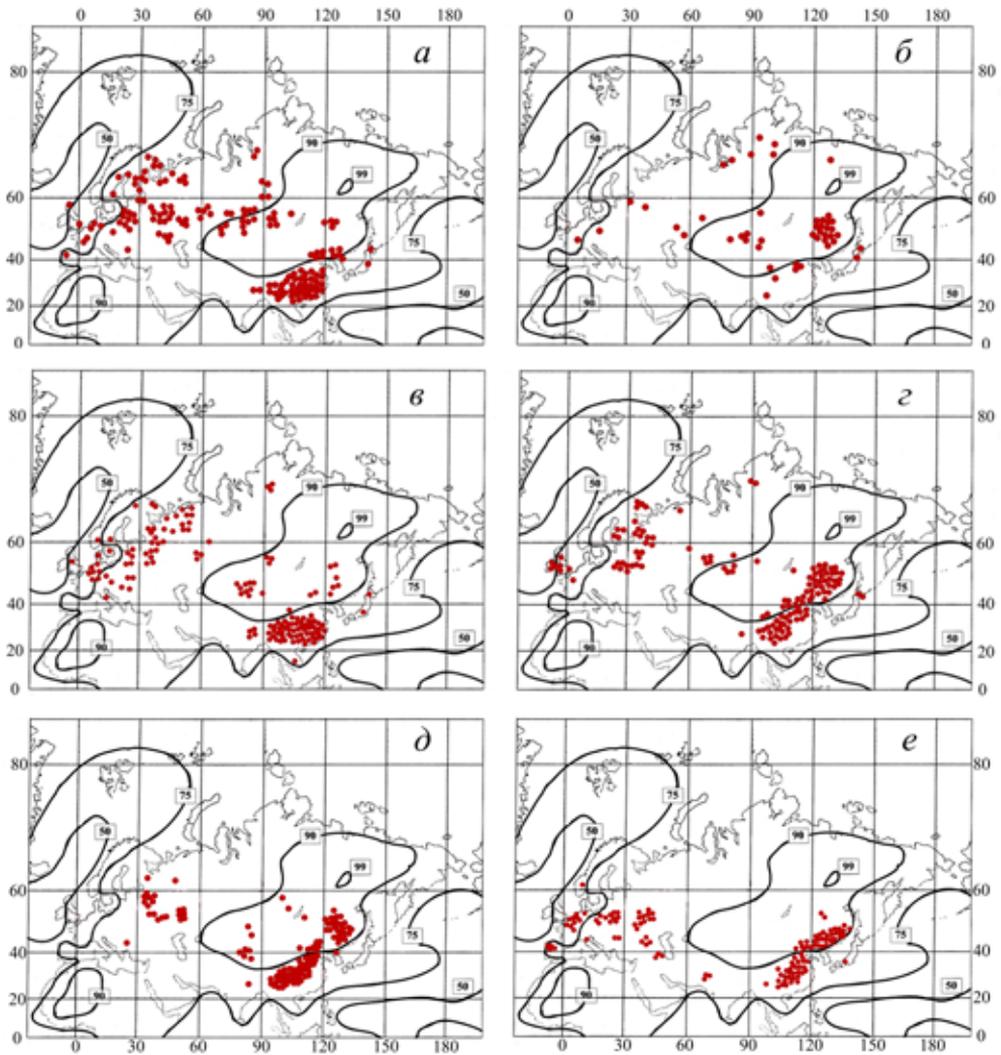


Рис. 3.18. Карта-схема изолиний континентальности климата Евразии по С.П. Хромову (1957) с нанесенным положением пробных площадей, на которых выполнено определение фитомассы и ЧПП лесообразующих пород. Обозначения древесных пород см. рис. 3.17.

Исходные положения моделирования и полученные в результате регрессионного анализа соотношения должны иметь эколого-географическое истолкование. ЧПП, как одна из характеристик биологической продуктивности лесов определяется климатическими факторами, но лишь в первом приближении, поскольку есть еще онтогенетический, ценогический, эдафический и другие уровни ее изменчивости. Поэтому в регрессионные уравнения в качестве «объясняющих изменчивость» независимых переменных мы включаем, наряду с климатическими параметрами, возраст, густоту и запас древостоя. Последний является интегральным показателем, учитывающим ценогические и эдафические особенности лесных экосистем в том или ином экорегионе.

По аналогии с расчетным алгоритмом главы 2, после позиционирования пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы лесообразующих пород по зональным поясам и индексам континентальности рассчитаны многофакторные регрессионные уравнения:

$$\ln Z_i = f(A, N, P_i, Zon, ICKh), \quad (3.7)$$

где  $Z_i$  – ЧПП  $i$ -й фракции ( $Z_S, Z_B, Z_F, Z_R, Z_A, Z_T$  и  $Z_U$ , соответственно: стволов, ветвей (скелета кроны), хвои, корней, надземной, общей и нижнего яруса) сосновых насаждений, т/га в год.

Основное уравнение (3.7) не может быть использовано непосредственно, поскольку мы можем задать в нём только возраст  $A$ , а соответствующие этому возрасту таксационные показатели древостоев  $N$  и  $M$  неизвестны и определяются по системе вспомогательных уравнений (2.4), рассчитанных в главе 2 по исходному массиву данных о фитомассе, более репрезентативному по сравнению с массивом данных о ЧПП и фитомассе.

Итоговая система уравнений имеет вид:

$$N = f(A, Zon, ICKh) \rightarrow M = f(A, N, Zon, ICKh) \rightarrow P_i = f(A, N, M, Zon, ICKh) \rightarrow \\ \rightarrow \ln Z_i = f(A, N, P_i, Zon, ICKh), \quad (3.8)$$

Расчет регрессионных коэффициентов «цепочки» уравнений (3.8) выполнен в следующей последовательности: вначале рассчитывается уравнение для  $N$  в системе (3.8) с использованием независимых переменных  $A, Zon$  и  $ICKh$ ; затем – уравнения для  $M$  с использованием независимых переменных  $A, Zon$  и  $ICKh$ , а также – переменной  $N$ , статус которой сменился, и ранее зависимая переменная на данном этапе стала независимой (по рекурсивному принципу), далее рассчитаны уравнения для фракций фитомассы  $P_i$  той же системы (см. также уравнение (2.4)) с использованием тех же независимых переменных  $A, N, Zon$  и  $ICKh$ , а также – переменной  $M$ , статус которой сменился и она стала независимой. Эти операции были осуществлены в главе 2, и результаты табулирования полученной системы уравнений для  $P_i$  были сведены в приложения 1-7.

В данной главе посредством регрессионного анализа получена характеристика уравнений (3.7) для  $\ln Z_i$ , приведенная в табл. 3.1. Запас насаждений  $M$  в качестве независимой переменной в уравнении (3.7) оказался статистически не значимым. Для некоторых древесных пород статистически не значима также густота древостоя  $N$ .

Характеристика уравнений (3.7) для насаждений лесообразующих пород Евразии

Независимые переменные и показатели адекватности	Зависимые переменные уравнений и значения регрессионных коэффициентов						
	$\ln(Z_S)$	$\ln(Z_B)$	$\ln(Z_F)$	$\ln(Z_R)$	$\ln(Z_A)$	$\ln(Z_T)$	$\ln(Z_U)$
<b>Подрод <i>Pinus</i></b>							
$a_0$	4,5400	7,8504	4,2874	-0,2310	4,5747	-0,4072	-12,1298
$a_1(\ln A)$	-0,9516	-0,7609	-0,2005	-1,0229	-0,7280	-0,6681	-0,1605
$a_2(\ln N)$	-	0,1070	-0,0623	0,0632	0,0254	0,1022	-0,0671
$a_3(\ln P_S)$	0,7770	-	-	-	-	-	-
$a_4(\ln P_B)$	-	0,9659	-	-	-	-	-
$a_5(\ln P_F)$	-	-	0,9364	-	-	-	-
$a_6(\ln P_R)$	-	-	-	1,0591	-	-	-
$a_7(\ln P_A)$	-	-	-	-	0,7564	-	-
$a_8(\ln P_T)$	-	-	-	-	-	0,8453	-
$a_9(\ln P_U)$	-	-	-	-	-	-	0,8905
$a_{10}(\ln Zon)$	0,8863	1,3824	0,4893	1,9949	0,4925	1,3073	-0,6566
$a_{11}(\ln Zon)^2$	-0,2197	-0,9099	-	-0,9282	-	-	0,5901
$a_{12}(\ln ICKh)$	-0,8841	-1,7834	-1,1184	-	-0,8962	-0,3757	2,6349
$R^2$	0,748	0,735	0,774	0,737	0,805	0,822	0,778
$SE$	0,38	0,43	0,31	0,48	0,28	0,29	0,47
<b>Род <i>Larix Mill.</i></b>							
Независимые переменные и показатели адекватности	Зависимые переменные уравнений и значения регрессионных коэффициентов						
	$\ln(Z_S)$	$\ln(Z_B)$	$\ln(Z_F)$	$\ln(Z_R)$	$\ln(Z_A)$	$\ln(Z_T)$	$\ln(Z_U)$
$a_0$	2,8322	8,4230	0,3430	7,2669	0,3498	1,0205	-1,9724
$a_1(\ln A)$	-0,7511	-0,8319	-0,0345	3,4610	-0,5310	-0,4769	0,3428
$a_2(\ln A)^2$	-	-	-	-0,4789	-	-	-
$a_3(\ln N)$	-0,1602	-0,1229	-	0,1940	-	-	-
$a_4(\ln P_S)$	0,4731	-	-	-	-	-	-
$a_5(\ln P_B)$	-	0,8542	-	-	-	-	-
$a_6(\ln P_F)$	-	-	0,9396	-	-	-	-
$a_7(\ln P_R)$	-	-	-	0,3233	-	-	-
$a_8(\ln P_A)$	-	-	-	-	0,8202	-	-
$a_9(\ln P_T)$	-	-	-	-	-	0,7438	-
$a_{10}(\ln P_U)$	-	-	-	-	-	-	0,2360
$a_{11}(\ln Zon)$	1,8144	0,8083	0,1020	-0,4746	0,4532	0,4425	0,3515
$a_{12}(\ln Zon)^2$	-1,1288	-0,7370	-0,0537	-	-0,2892	-0,2729	-
$a_{13}(\ln ICC)$	-0,3845	-1,8436	-0,0499	-3,1973	-0,0432	-0,1671	0,0298
$R^2$	0,692	0,825	0,966	0,707	0,842	0,793	0,578
$SE$	0,45	0,48	0,14	0,40	0,33	0,28	0,34

<b><i>Picea Dietr.</i> (ель) и <i>Abies Mill.</i> (пихта)</b>							
Независимые переменные и показатели адекватности	Зависимые переменные уравнений и значения регрессионных коэффициентов						
	$\ln(Z_S)$	$\ln(Z_B)$	$\ln(Z_F)$	$\ln(Z_R)$	$\ln(Z_A)$	$\ln(Z_T)$	$\ln(Z_U)$
$a_0$	7,1575	21,8884	-5,9815	9,2327	-1,9693	-0,2495	2,6740
$a_1(\ln A)$	-0,9523	-0,7691	-0,3326	-0,7521	-0,7822	-0,7910	-0,1139
$a_2(\ln P_S)$	0,9460	-	-	-	-	-	-
$a_3(\ln P_B)$	-	0,9146	-	-	-	-	-
$a_4(\ln P_F)$	-	-	0,8047	-	-	-	-
$a_5(\ln P_R)$	-	-	-	0,8027	-	-	-
$a_6(\ln P_A)$	-	-	-	-	0,8801	-	-
$a_7(\ln P_T)$	-	-	-	-	-	0,8826	-
$a_8(\ln P_U)$	-	-	-	-	-	-	0,8118
$a_9(\ln Zon)$	0,6653	0,9967	0,2945	-0,9359	0,3522	-0,1654	0,9217
$a_{10}(\ln Zon)^2$	-0,2368	-0,5632	-	0,2753	-0,2066	-	-0,1412
$a_{11}(\ln ICKh)$	1,6876	-4,9532	1,3827	-1,8181	0,6215	0,3020	-0,8983
$R^2$	0,913	0,807	0,826	0,803	0,906	0,895	0,797
$SE$	0,32	0,38	0,27	0,31	0,21	0,23	0,36
<b>Род <i>Betula L.</i></b>							
Независимые переменные и показатели адекватности	Зависимые переменные уравнений и значения регрессионных коэффициентов						
	$\ln(Z_S)$	$\ln(Z_B)$	$\ln(Z_F)$	$\ln(Z_R)$	$\ln(Z_A)$	$\ln(Z_T)$	$\ln(Z_U)$
$a_0$	0,1373	9,6558	0,0389	-3,6061	0,3166	-0,2945	-4,8403
$a_1(\ln A)$	-0,8322	-0,8461	-0,0437	-0,7636	-0,5656	-0,5114	-2,2911
$a_2(\ln A)^2$	-	-	-	-	-	-	0,2918
$a_3(\ln P_S)$	0,9039	-	-	-	-	-	-
$a_4(\ln P_B)$	-	0,9197	-	-	-	-	-
$a_5(\ln P_F)$	-	-	0,9545	-	-	-	-
$a_6(\ln P_R)$	-	-	-	0,9528	-	-	-
$a_7(\ln P_A)$	-	-	-	-	0,8169	-	-
$a_8(\ln P_T)$	-	-	-	-	-	0,9578	-
$a_9(\ln P_U)$	-	-	-	-	-	-	0,8860
$a_{10}(\ln Zon)$	0,4058	1,8186	0,1089	0,2231	0,2632	-	1,4053
$a_{11}(\ln Zon)^2$	-	-1,0139	-	-	-	-	-0,4818
$a_{12}(\ln ICKh)$	-	-2,1876	-	0,7810	-	-	1,6875
$R^2$	0,933	0,835	0,940	0,932	0,874	0,903	0,891
$SE$	0,20	0,30	0,17	0,15	0,23	0,15	0,29

Род <i>Populus L.</i>							
Независимые переменные и показатели адекватности	Зависимые переменные уравнений и значения регрессионных коэффициентов						
	$\ln(Z_S)$	$\ln(Z_B)$	$\ln(Z_F)$	$\ln(Z_R)$	$\ln(Z_A)$	$\ln(Z_T)$	$\ln(Z_U)$
$a_0$	-5,0120	9,9411	-2,0668	0,6780	-5,0624	-3,9527	-0,9601
$a_1(\ln A)$	-0,8398	-0,8882	-0,0334	-0,8539	-0,5458	-0,4958	0,0926
$a_2(\ln P_S)$	1,0285	-	-	-	-	-	-
$a_3(\ln P_B)$	-	1,0413	-	-	-	-	-
$a_4(\ln P_F)$	-	-	0,9833	-	-	-	-
$a_5(\ln P_R)$	-	-	-	0,9936	-	-	-
$a_6(\ln P_A)$	-	-	-	-	0,9826	-	-
$a_7(\ln P_T)$	-	-	-	-	-	1,0627	-
$a_8(\ln P_U)$	-	-	-	-	-	-	0,8240
$a_9(\ln Zon)$	0,5048	0,9565	0,2757	-0,5199	-0,4759	0,1462	-0,2112
$a_{10}(\ln Zon)^2$	-0,1007	-0,5738	-0,1291	0,2107	0,2892	-0,0400	0,0998
$a_{11}(\ln ICKh)$	1,0512	-2,2020	0,4588	-	1,1300	0,6708	-
$R^2$	0,938	0,814	0,988	0,980	0,936	0,934	0,954
$SE$	0,19	0,27	0,084	0,049	0,17	0,12	0,11
Род <i>Quercus L.</i>							
Независимые переменные и показатели адекватности	Зависимые переменные уравнений и значения регрессионных коэффициентов						
	$\ln(Z_S)$	$\ln(Z_B)$	$\ln(Z_F)$	$\ln(Z_R)$	$\ln(Z_A)$	$\ln(Z_T)$	$\ln(Z_U)$
$a_0$	-0,9576	7,7828	-1,1631	0,9207	-4,5904	-5,3390	-12,8816
$a_1(\ln A)$	-1,8305	-0,8997	-0,0533	-0,8823	1,1708	1,3821	-0,0363
$a_2(\ln A)^2$	0,1211	-	-	-	-0,1852	-0,2231	-
$a_3(\ln P_S)$	0,9279	-	-	-	-	-	-
$a_4(\ln P_B)$	-	1,0796	-	-	-	-	-
$a_5(\ln P_F)$	-	-	1,0620	-	-	-	-
$a_6(\ln P_R)$	-	-	-	1,0427	-	-	-
$a_7(\ln P_A)$	-	-	-	-	0,5614	-	-
$a_8(\ln P_T)$	-	-	-	-	-	0,6820	-
$a_9(\ln P_U)$	-	-	-	-	-	-	0,7707
$a_{10}(\ln Zon)$	-1,0834	0,7106	1,2460	-1,1491	1,0945	1,5734	2,5905
$a_{11}(\ln Zon)^2$	0,5898	-0,4719	-0,7403	0,5252	-0,3949	-0,6510	-1,2610
$a_{12}(\ln ICKh)$	0,8648	-1,7196	0,1698	-0,0187	0,4071	0,3528	2,4659
$R^2$	0,943	0,741	0,834	0,939	0,608	0,677	0,847
$SE$	0,13	0,32	0,20	0,14	0,21	0,18	0,18

Табулирование уравнений (3.7) (см. табл. 3.1) выполнено путём подстановки значений независимых переменных, полученных по результатам табулирования уравнений (2.4), или первых трёх звеньев системы уравнений (3.8), сведённых в приложения 1-7 (левая часть). В результате получены возрастные тренды ЧПП для каждого зонального пояса и в пределах его –

для индексов континентальности климата территории в пределах от 50 до 100 %, приведённые в правой части приложений 1-7.

### 3.3. Обсуждение результатов

По аналогии с расчётом показателей фитомассы в главе 2, из приложений 1-7 (правая часть), в которых представлены результаты табулирования системы уравнений (3.8), взяты значения ЧПП фракций фитомассы в возрасте 50 лет для мелколиственных древесных *Betula L.* и *Populus L.* и 100 лет – для остальных, и построены графики их зависимости от порядкового номера зонального пояса при индексе континентальности климата, равном 75-80 % (рис. 3.19-3.24).

#### 3.3.1. Изменение ЧПП древостоев по трансконтинентальному зональному градиенту

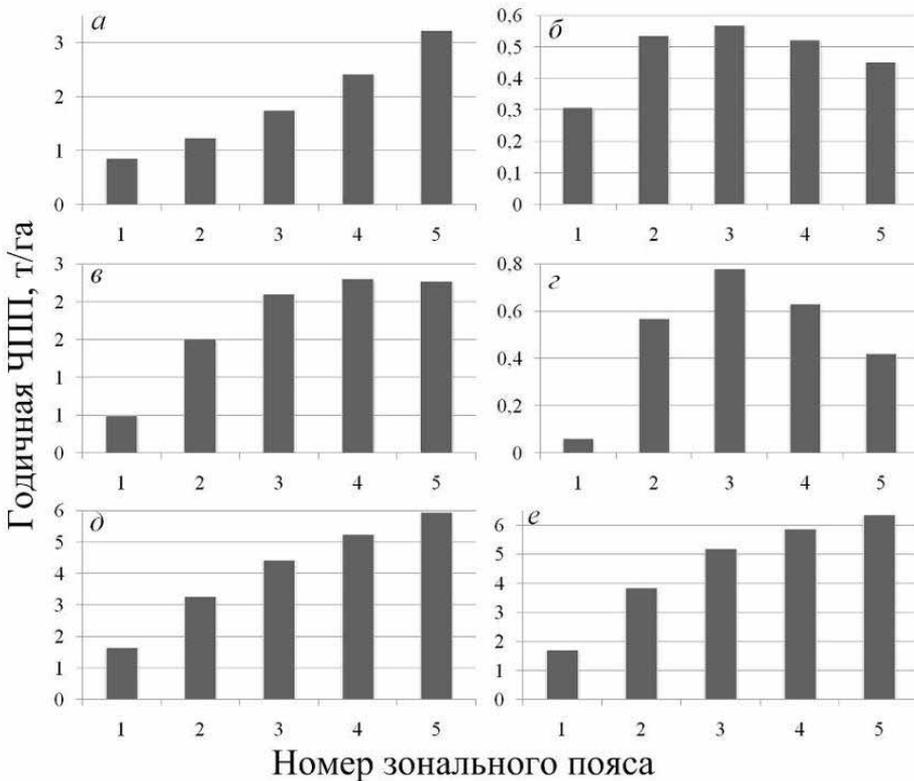


Рис. 3.19. Изменение расчетных показателей ЧПП двухвойных сосен, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по зональным поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 80%.

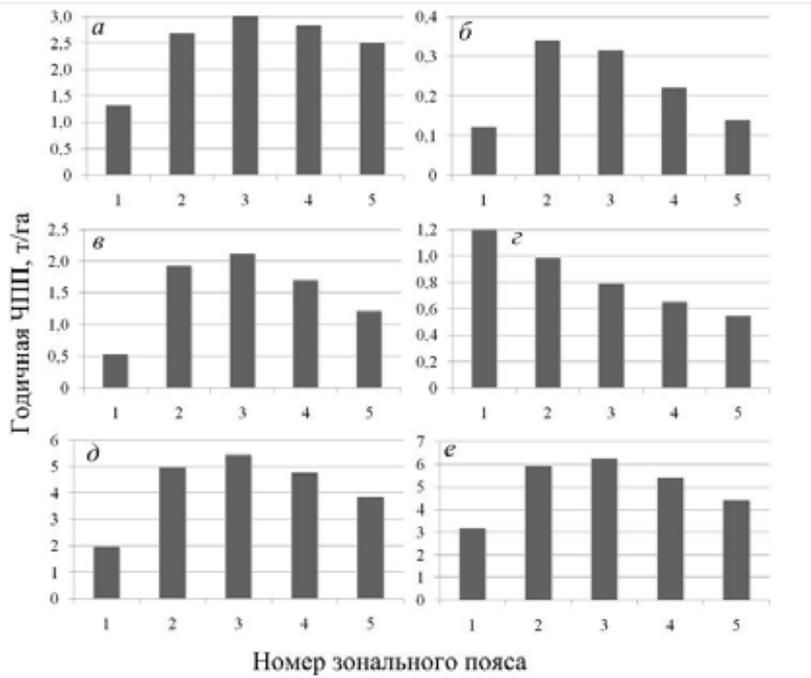


Рис. 3.20. Изменение расчетных показателей ЧПП лиственничников, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по зональным поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 75%.

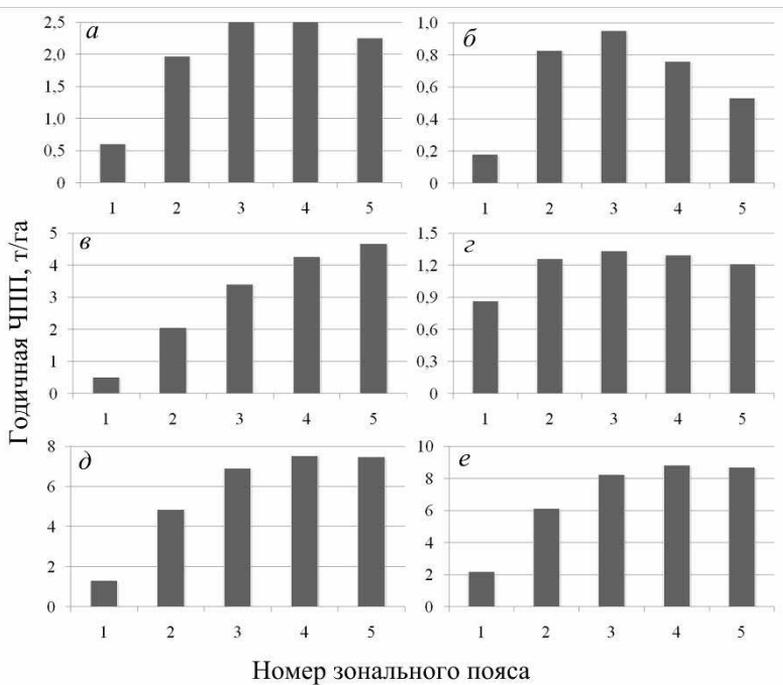


Рис. 3.21. Изменение расчетных показателей ЧПП елово-пихтарников: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 80%.

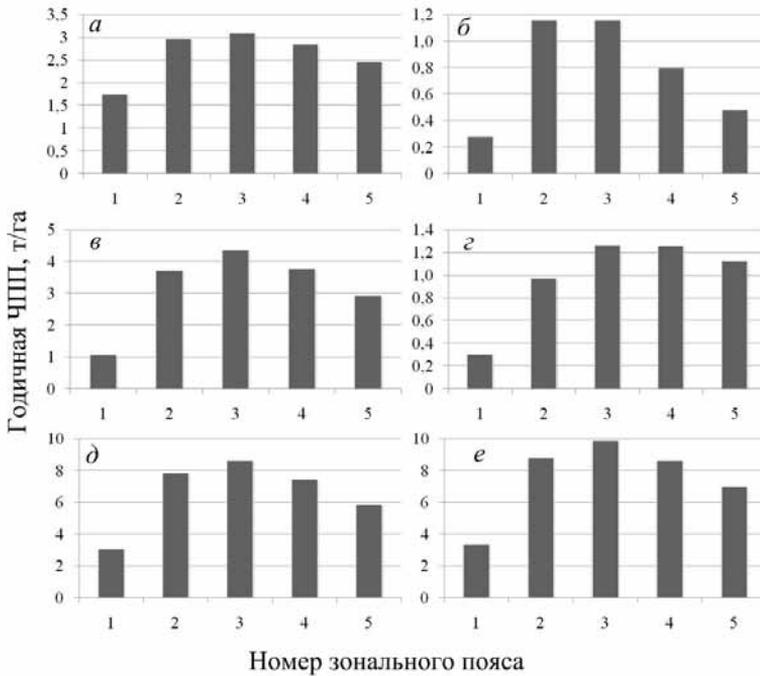


Рис. 3.22. Изменение расчетных показателей ЧПП березняков: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (з), надземной (д) и общей (е) в возрасте 50 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 75%.

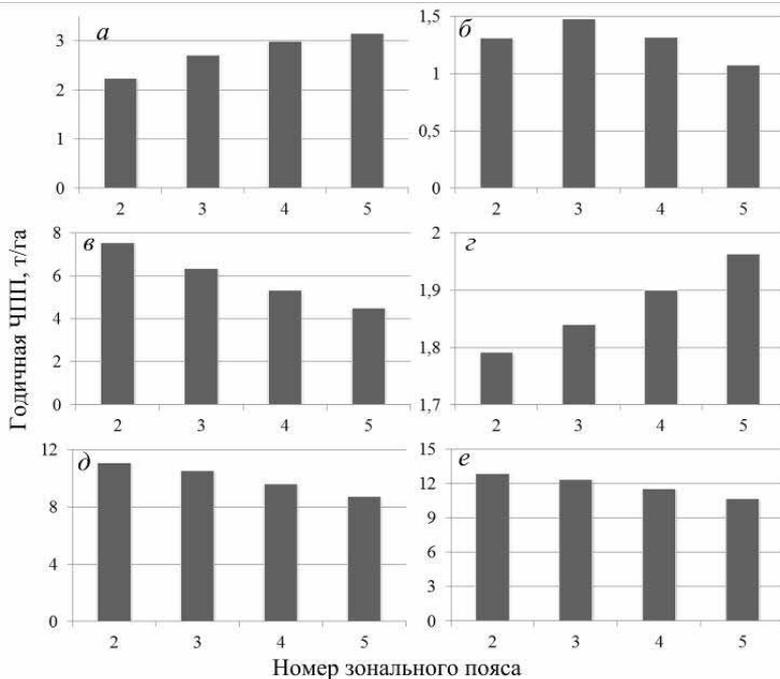


Рис. 3.23. Изменение расчетных показателей ЧПП древостоев *Populus*: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (з), надземной (д) и общей (е) в возрасте 50 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 75%.

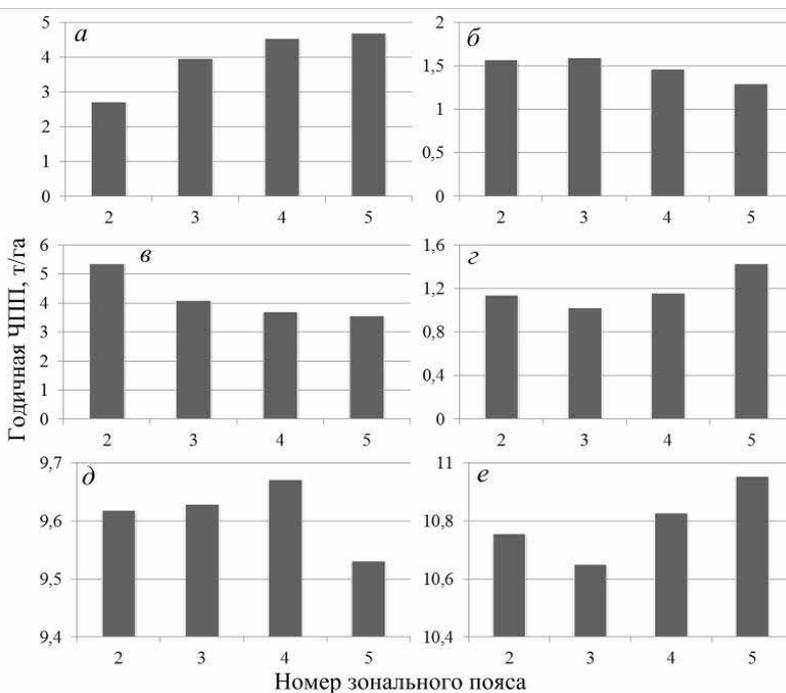


Рис. 3.24. Изменение расчетных показателей ЧПП дубовых древостоев: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (з), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 75%.

Анализ рис. 3.19-3.24 позволяет сделать вывод, что в направлении от северной к южной оконечности евразийского материка надземная и общая ЧПП сосняков монотонно возрастает, в елово-пихтовых насаждениях она также возрастает, но с выходом на плато в 4-м и 5-м зональных поясах. В лиственничниках и березняках надземная и общая ЧПП в том же градиенте изменяется по колоколообразному тренду с максимумом в 3-м зональном поясе. Надземная ЧПП в насаждениях *Populus* и дубовых снижается в направлении от 2-го к 5-му зональному поясу, в 1-м зональном поясе для насаждений *Populus* нет фактических данных ЧПП, а для дубовых насаждений их не может быть, поскольку ареал дуба на те широты не распространяется.

Отсутствие монотонного возрастания ЧПП насаждений большинства древесных пород по направлению к экватору, за исключением сосны, не соответствует закономерности синхронного увеличения ЧПП обезличенного лесного покрова в направлении от обоих полюсов к экваториальным областям (см. рис. 3.13 и 3.14). Возможная причина такого несоответствия - в специфике распределения древесных пород вдоль 100-го меридиана (см. рис. 2.7): в зональных поясах с 1-го по 3-й при индексе континентальности 75-80 на территории Сибири монотонное увеличение ЧПП происходит в связи с увеличением месячной суммы эффективных температур

(СЭТ) выше +5 °С соответственно с 20°С до 70°С (Tuhkanen, 1984), а южнее, в 4-м и 5-м поясах насаждения полностью или частично произрастают на восточном склоне Тибета на высотах от 1700 до 3600 м над ур. м. и на восточном склоне Гималаев на высоте до 4200 м над ур. м. при том же индексе континентальности. Иными словами, в зональных поясах с 1-го по 3-й увеличение ЧПП насаждений, произрастающих на плакорах, происходит вследствие повышения СЭТ, а в зональных поясах с 4-го по 5-й снижение ЧПП происходит вследствие подъема насаждений вверх по высотным градиентам.

### 3.3.2. Изменение ЧПП древостоев по трансконтинентальному градиенту континентальности климата

Аналогичным образом по материалам приложений 1-7 (правая часть) построены графические зависимости показателей ЧПП от индекса континентальности климата для 3-го зонального пояса (рис. 3.25-3.30).

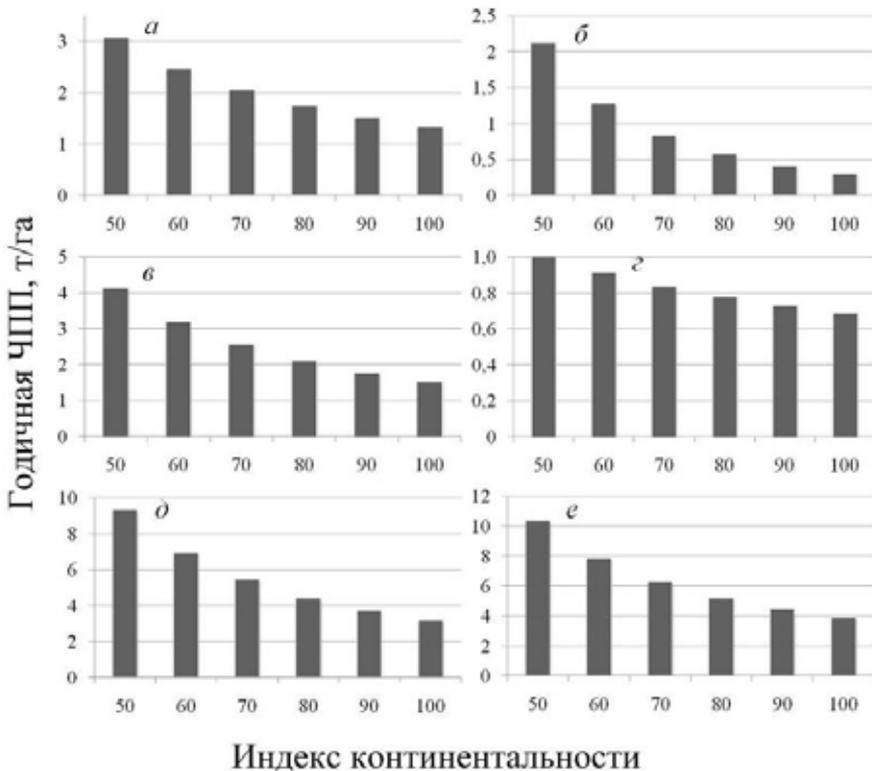


Рис. 3.25. Изменение расчетных показателей ЧПП двухвойных сосен, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет в связи с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 3.17).

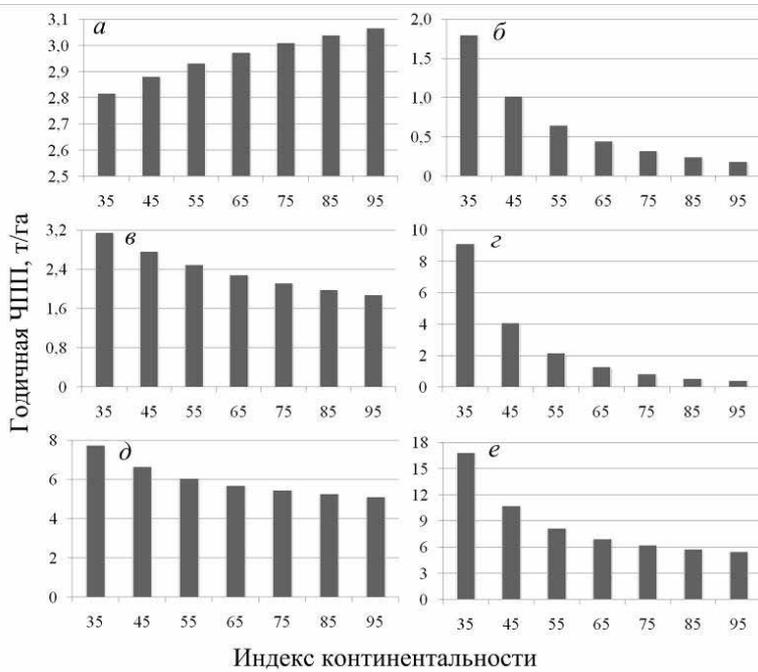


Рис. 3.26. Изменение расчетных показателей ЧПП лиственничников, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет в связи с индексом континентальности, по Борисову-Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе.

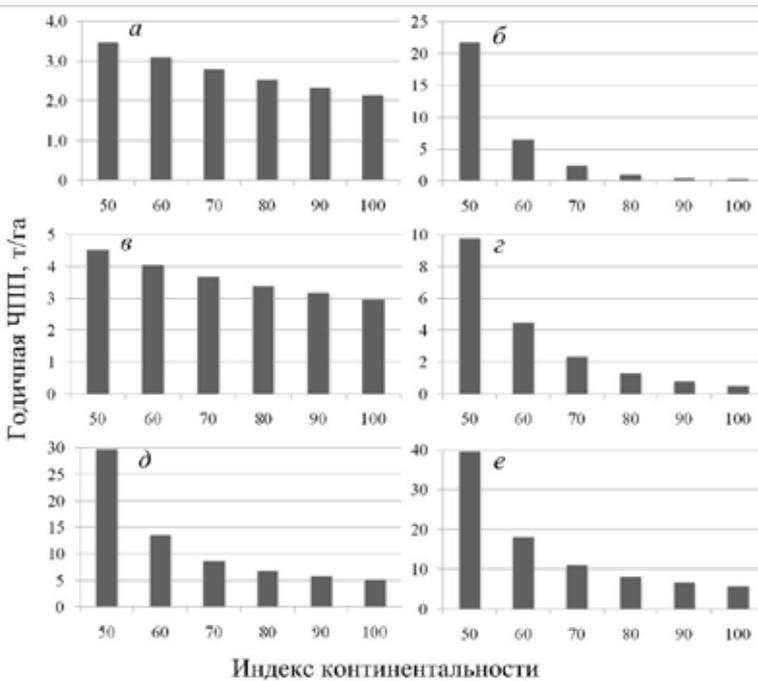


Рис. 3.27. Изменение расчетных показателей ЧПП елово-пихтарников, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет в связи с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе.

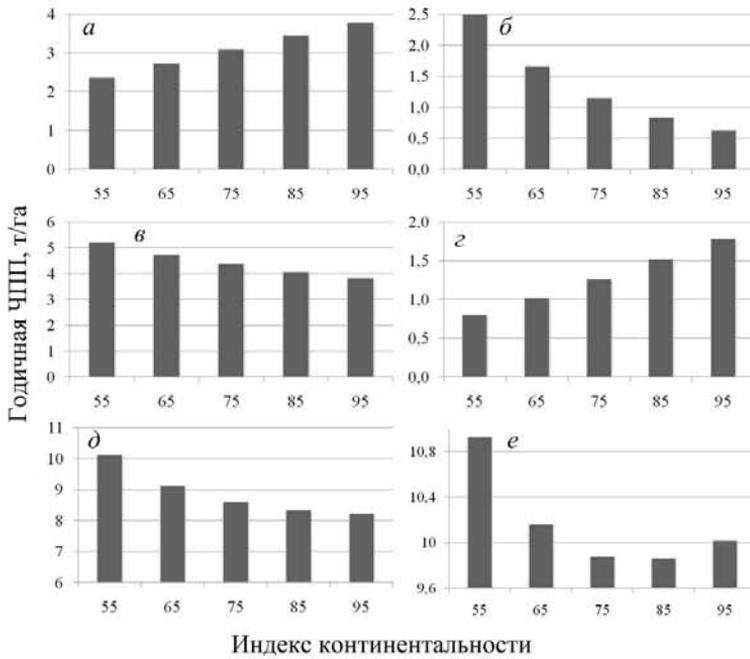


Рис. 3.28. Изменение расчетных показателей ЧПП березняков: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 50 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе.

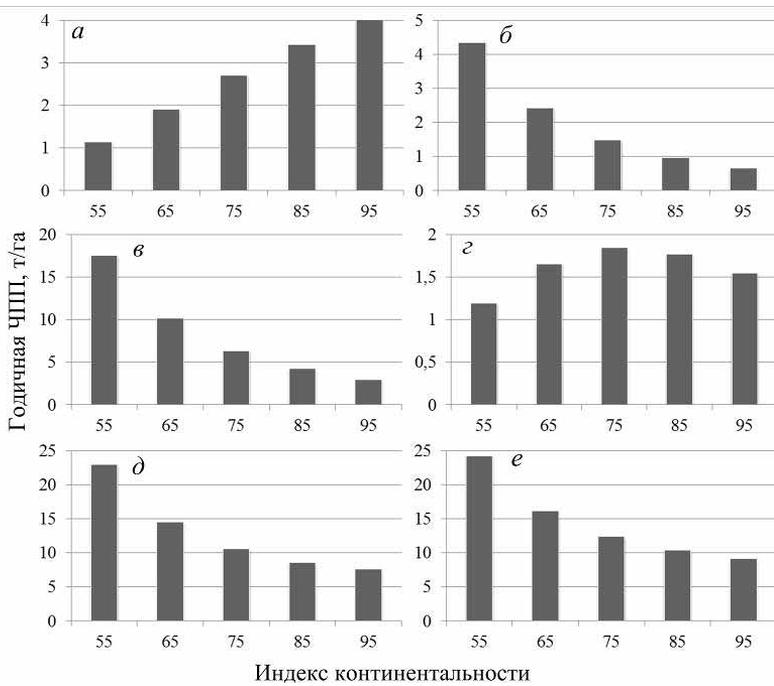


Рис. 3.29. Изменение расчетных показателей ЧПП древостоев *Populus*: листвы (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 50 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе.

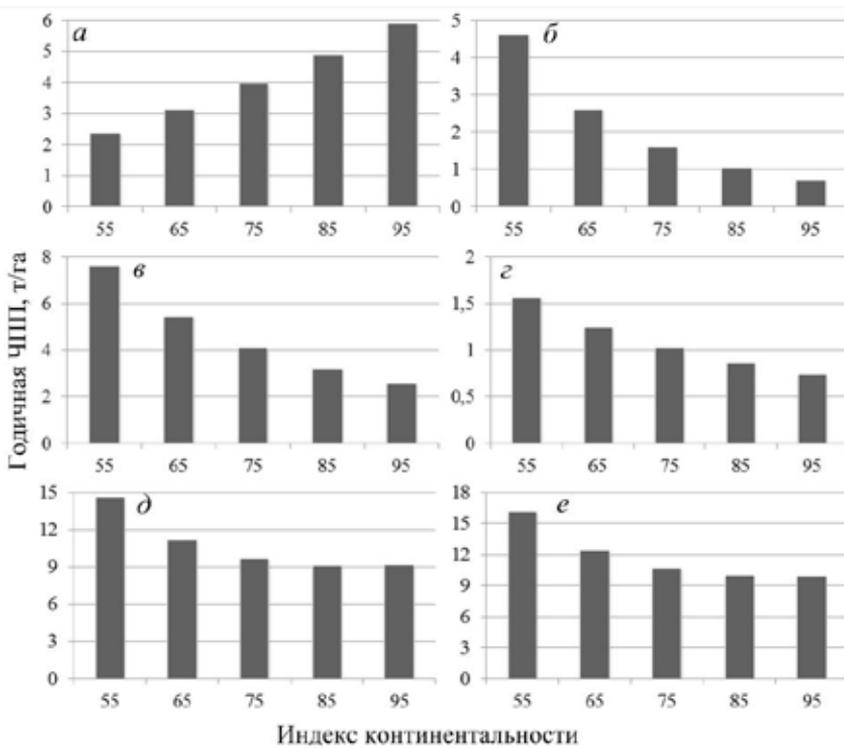


Рис. 3.30. Изменение расчетных показателей ЧПП дубовых древостоев: листья (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе.

При анализе закономерностей, представленных на рис. 3.25-3.30, можно сделать вывод, что в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности евразийского материка надземная и общая ЧПП древесного яруса всех пород монотонно снижается. Аналогичная закономерность характерна для подземной ЧПП древостоев большинства пород за исключением березняков и осинников с тополёвниками: в березняках закономерность противоположная, а в древостоях *Populus* имеется максимум при индексе континентальности 75%. В названном направлении ЧПП хвои в сосняках и елово-пихтарниках снижается, а в древесном ярусе остальных пород возрастает.

### 3.3.3. Изменение ЧПП нижнего яруса по трансконтинентальным климатически обусловленным градиентам

Аналогичным образом построены графики трансконтинентальных трендов нижнего яруса лесообразующих пород Евразии (рис. 3.31). При сравнении характеристик адекватности уравнений для  $P_U$  (см. табл. 2.2, 2.6, 2.8, 2.23, 2.25 и 2.27) и  $Z_U$  (см. табл. 3.1) можно видеть, насколько различаются

уровни аппроксимации искомым величин  $P_U$  и  $Z_U$  соответствующими уравнениями. Если в первом случае  $R^2$  составил соответственно 0,169; 0,607; 0,397; 0,327; 0,557 и 0,265 (в среднем 0,387), то во втором - 0,778; 0,578; 0,797; 0,891; 0,954 и 0,847 (в среднем 0,807). В обоих уравнениях включены в качестве независимых переменных климатические характеристики, но кроме них в первом случае вошел возраст древостоя, а во втором – фитомасса нижнего яруса. Это означает, что фитомасса нижнего яруса слабо связана с морфометрией основного яруса, а ЧПП нижнего яруса с его фитомассой связана намного теснее, поскольку, как уже отмечалось, оба биопродукционных показателя определяются, в основном, одними и теми же экзо- и эндогенными факторами лесного фитоценоза. Несмотря на низкое значение  $R^2$ , все константы уравнения для  $P_U$  значимы на уровне вероятности  $P_{95}$ .

Изменение расчетных показателей ЧПП нижнего яруса исследуемых насаждений по трансконтинентальным градиентам (рис. 3.31) аналогично изменению фитомассы их нижнего яруса (см. рис. 2.27, 2.43, 2.56, 2.90, 2.102), т.е. возрастает в направлении с севера на юг (от 1-го к 5-му зональным поясам), и снижается в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии. Исключение составляет закономерность изменения ЧПП нижнего яруса берёзовых насаждений по градиенту континентальности (см. рис. 2.79).

### ***3.3.4. Изменение отношения подземной ЧПП к надземной по трансконтинентальным климатически обусловленным градиентам***

Отношение подземной ЧПП к надземной ( $Z_R/Z_A$ ), как и отношение подземной фитомассы к надземной (см. гл. 2), представляет собой важную характеристику устойчивости насаждений (*root: shoot ratio*) в разных экологических условиях. Исследованием величины  $Z_R/Z_A$  лесообразующих лесных пород европейских стран установлено варьирование в диапазоне от 0,15 до 0,33, тогда как у травянистых растений это соотношение изменяется в диапазоне от 0,15 до 5,50, и в среднем у травянистых видов оно существенно выше, чем у древесных (Bray, 1963).

В нашем исследовании сопоставление относительных трансконтинентальных трендов ЧПП, характеризующих отношение подземной ЧПП к надземной, показывает отсутствие закономерностей, общих для всех древесных пород (рис. 3.32).

Отношение подземной ЧПП к надземной ( $Z_R/Z_A$ ) в сосняках в направлении от 1-го зонального пояса к 5-му изменяется по колоколообразной кривой с максимумом во 2-м и 3-м поясах (рис. 3.32 а), а в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности монотонно возрастает (рис. 3.32 б), т.е. аналогично соотношениям фитомасс (см. рис. 2.26 а, б).

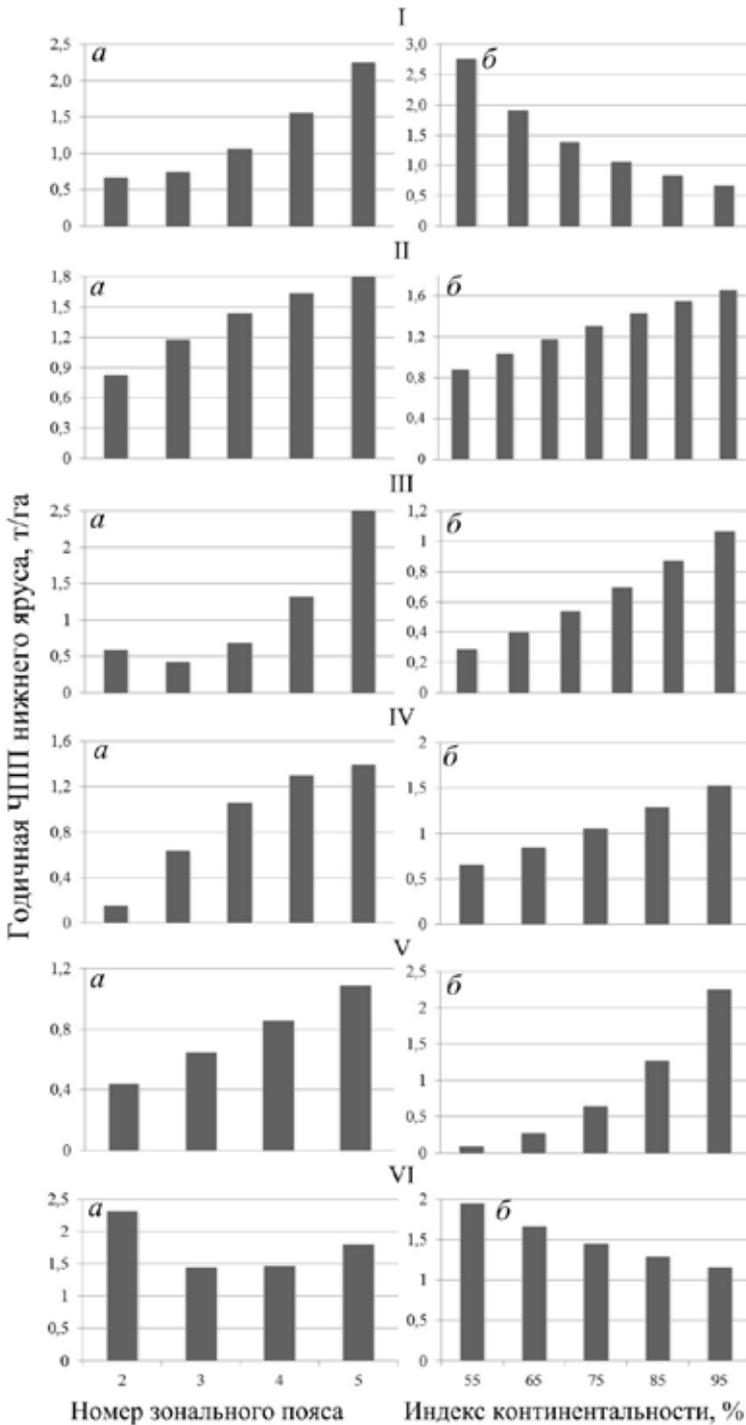


Рис. 3.31. Связь расчетных показателей ЧПП нижнего яруса в фитоценозах сосны (I), лиственницы (II), ели и пихты (III), берёзы (IV), осины и тополей (V) и дуба (VI) с их зональной принадлежностью при индексе континентальности климата, равном 80% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б). Возраст берёзы и осины с тополями 50 и остальных древесных видов 100 лет.

Отношение ЧПП подземной фитомассы к надземной ( $Z_R/Z_A$ ) в березняках и насаждениях *Populus* повышается как в направлении от субарктического к субэкваториальному поясу, так и в направлении полюса континентальности климата, т.е. изменяется прямо противоположно данному соотношению в лиственничниках и елово-пихтарниках.

### **3.3.5. Изменение отношения ЧПП нижнего яруса к общей ЧПП древостоя по трансконтинентальным климатически обусловленным градиентам**

Отношение ЧПП нижнего яруса к общей (надземной и подземной) ЧПП древостоя, как и отношение фитомассы нижнего яруса к общей фитомассе древостоя, является важной характеристикой биопродукционного процесса в лесном фитоценозе и характеризует взаимоотношение двух ярусов, конкурирующих за жизненное пространство и взаимно дополняющих один другого в лесном фитоценозе, - древостоя и нижнего яруса, соотношение между которыми изменяется в разных эколого-ценотических условиях. Игнорирование вклада нижнего яруса в углеродном цикле лесного фитоценоза существенно занижает его углерододепонирующую способность. Так, в 60-летнем насаждении сосны китайской (*Pinus tabulaeformis* Carr.) в провинции Шэньси вклад нижнего яруса в чистый углеродный сток составляет 37% от общего стока лесной экосистемы (Hou et al., 2015).

Наше исследование изменения показателя ЧПП нижнего яруса, отнесенного к общей ЧПП древесного яруса, по трансконтинентальным климатическим градиентам свидетельствует о том, что как по относительному показателю ЧПП корней насаждений (см. разд. 3.3.4), так и по относительному показателю ЧПП нижнего яруса (рис. 3.33), нет закономерностей, общих для всех пород.

Отношение ЧПП нижнего яруса к общей ЧПП древостоя ( $Z_U/Z_T$ ) в сосняках, лиственничниках, елово-пихтарниках и дубовых насаждениях изменяется по некой седлообразной поверхности: в направлении от 1-го (2-го) зонального пояса к 5-му имеется «провал» во 2-м и 3-м поясах (за исключением березняков и насаждений *Populus*), а по мере усиления континентальности климата названное соотношение монотонно увеличивается у всех пород, за исключением сосновых и дубовых насаждений.

### **3.3.6. Географические закономерности изменения ЧПП насаждений 5-хвойных сосен (кедров) на территории Азии**

Географический анализ ЧПП кедровых сосен вследствие недостаточного обеспечения фактическими данными ЧПП, полученными на пробных площадях, причем только в пределах Азии, выполнен по методике, отличающейся от таковой для остальных лесобразующих пород.

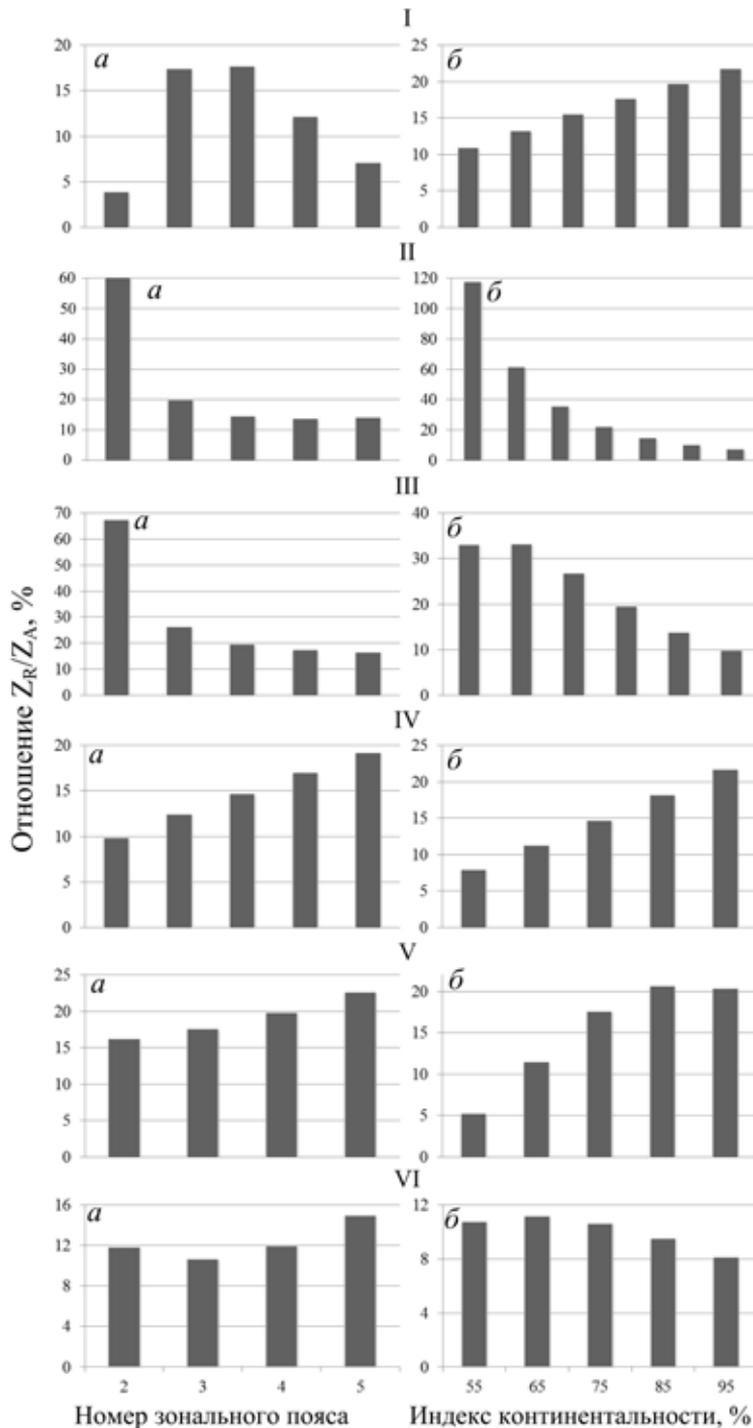


Рис. 3.32. Связь расчетных показателей  $Z_R/Z_A$  в фитоценозах сосны (I), лиственницы (II), ели и пихты (III), берёзы (IV), осины и тополей (V) и дуба (VI) с их зональной принадлежностью при индексе континентальности климата, равном 80% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б). Возраст берёзы и осины с тополями 50 и остальных древесных видов 100 лет.

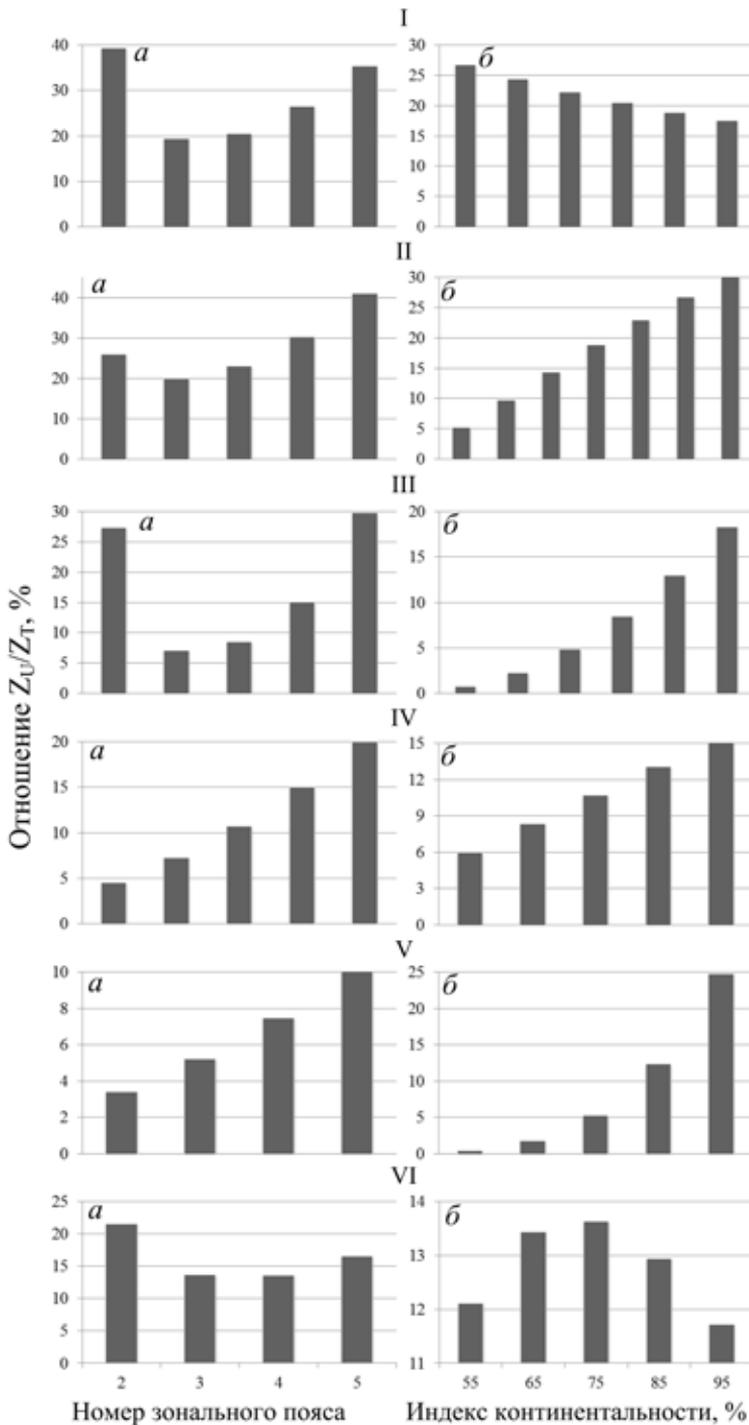


Рис. 3.33. Связь расчетных показателей  $Z_U/Z_T$  в фитоценозах сосны (I), лиственницы (II), ели и пихты (III), берёзы (IV), осины и тополей (V) и дуба (VI) с их зональной принадлежностью при индексе континентальности климата, равном 80% (a) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б). Возраст берёзы и осины с тополями 50 и остальных древесных видов 100 лет.

## 3.3.6.1. Структура надземной ЧПП древостоев кедровника сибирского на Среднем Урале

В разделе 2.5 были упомянуты 14 пробных площадей, заложенные нами в темнохвойных насаждениях Среднего Урала (Новолялинское лесничество), главным образом, долгомошно-сфагнового типа леса (см. рис. 2.59), 70-120-летнего возраста с преобладанием кедровника сибирского (табл. 3.2). Судя по данным табл. 3.2, среднее значение надземной годичной ЧПП равно 5,0 т/га. По результатам совмещения двух баз данных для Уральского региона – фитомассы и ЧПП – с данными Государственного учета лесного фонда названный показатель составил для Новолялинского лесничества 6,4 и для Свердловской области в целом – 5,8 т/га (Усольцев, 2007). Все значения ЧПП, полученные по разным методикам, оказались достаточно близкими. Для сравнения: соответствующие показатели, рассчитанные Д.Г. Замолодчиковым и А.И. Уткиным (2000), равны 15,7 и 12,3 т/га. Таким образом, как уже отмечалось ранее (Усольцев и др., 2011), методика Д.Г. Замолодчикова и А.И. Уткина завышает показатели ЧПП в лесном покрове территориального комплекса в 2,2-3,6 раза, а в данном случае, соответственно в 2,5 и 2,1 раза.

ЧПП кроны многие годы определялась, исходя из предположения о равенстве относительных приростов массы ветвей и массы стволов (Tadaki et al., 1970; Whittaker, Marks, 1975; Замолодчиков, Уткин, 2000), и этот метод называли «стандартным» (Jiang et al., 1999). В этом случае прирост массы ветвей получают из пропорции путем умножения их массы на относительный прирост массы стволов.

Однако этот метод дает недопустимое занижение оценки, поскольку относительный прирост у ветвей намного выше, чем у ствола. Это превышение прироста массы ветвей по отношению к приросту массы ствола 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 3,3 т/га) у лиственницы японской (Satoo, Madgwick, 1982). Данные табл. 3.2 подтверждают отмеченную ранее (Усольцев, 2007) некорректность определения фракционного состава ЧПП пропорционально фракционному составу фитомассы древостоев: если доля массы хвои в исследованных кедровниках составила в среднем 5%, то ее доля в составе ЧПП равна 13%. Средняя величина годичной надземной ЧПП определилась на наших объектах на уровне 5,0 т/га с отклонениями от 3,1 до 7,3 т/га. Соотношение хвои, ветвей и стволов в ЧПП уральских кедровников составляет соответственно 13, 40 и 47%, а в фитомассе – соответственно 5, 10 и 85% (см. табл. 3.2).

Таблица 3.2

Таксационные показатели, фитомасса и ЧПП кедровников по данным пробных площадей Новолялинского лесничества

№	А, лет	N, тыс. шт/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га				ЧПП, т/га			
						Ствол	Ветви	Хвоя	Всего	Ствол	Ветви	Хвоя	Всего
1	107	1,471	20,4	21,2	567	193,2	22,6	11,2	226,9	3,05	0,87	2,74	6,66
2	118	0,916	20,3	24,4	313	110,6	14,5	7,80	132,9	1,94	0,54	1,73	4,21
3	90	1,121	22,2	17,7	430	150,0	16,7	9,11	175,8	2,51	0,64	1,83	4,98
4	99	0,282	42,7	20,2	472	170,3	19,4	9,41	199,2	2,55	0,72	2,25	5,53
5	82	1,257	18,0	15,8	297	177,1	24,7	14,0	215,8	3,50	0,92	2,92	7,33
6	87	0,678	20,0	16,9	243	86,5	9,7	4,63	100,7	1,48	0,41	1,26	3,14
7	103	1,045	20,6	21,1	400	140,8	16,1	8,15	165,0	2,17	0,60	1,84	4,61
8	109	0,875	24,0	19,8	482	164,5	19,1	9,94	193,5	2,32	0,63	2,01	4,96
9	93	1,483	19,4	16,7	548	186,7	21,1	9,75	217,6	2,54	0,73	2,32	5,59
10	103	0,966	22,3	18,7	449	164,8	19,7	8,77	193,3	2,17	0,62	2,02	4,81
11	87	1,083	21,6	17,7	478	179,8	22,2	9,60	211,6	2,20	0,63	2,16	4,99
12	101	1,358	18,5	16,8	506	161,3	16,7	7,57	185,6	1,91	0,54	1,62	4,07
13	90	1,258	18,6	19,8	394	139,2	15,5	7,60	162,4	1,98	0,55	1,59	4,11

3.3.6.2. Исследование межвидовых различий в структуре ЧПП древостоев кедровых сосен

По аналогии с исследованием межвидовых различий кедровых сосен по фитомассе, рассмотрим наличие или отсутствие их различий по ЧПП. Для этого в регрессионные уравнения включена бинарная переменная  $X$ , представляющая, как отмечалось выше, простейшую модификацию фиктивной переменной (Дрейпер, Смит, 1973). Посредством бинарной переменной  $X$  кодируется видовая принадлежность насаждений пробных площадей:  $X$  принята равной 0 для кедра сибирского и равной 1 - для кедра корейского. Тем самым выявление биологически обусловленных различий ЧПП фитомассы двух видов кедра выполняется при «гармонизированных» показателях морфоструктуры (Усольцев, 2001).

Принята структура уравнений для ЧПП:

$$\ln M = f(\ln A, \ln N, X) \rightarrow \ln(Z_i/M) = f(\ln A, \ln N, X). \quad (3.9)$$

Расчет констант первого звена в системе уравнений (3.9) показал, что плотность древостоя статистически не значима: значение критерия Стьюдента при переменной  $\ln N$  оказалось ниже табличного ( $t_{\text{факт}} = 0,63 < t_{05} = 2,0$ ), и запас древостоя  $M$  зависит только от возраста  $A$ . Соответственно во втором звене системы уравнений (3.9) ЧПП древостоев оценивается как функция возраста и запаса. Названные две системы модифицированы к виду:

$$\ln M = f(\ln A, X) \rightarrow \ln(Z_i/M) = f(\ln A, X) \quad (3.10)$$

В уравнениях (3.9) - (3.10) и далее  $M$  – запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>/га;  $A$  – возраст древостоя, лет;  $N$  – число стволов, тыс. экз /га;  $Z_i$  – годовичная ЧПП в абсолютно сухом состоянии стволов с корой, хвои (лишайники), скелета ветвей, корней, нижнего яруса, надземная и общая ЧПП (соответственно  $Z_S, Z_F, Z_B, Z_R, Z_U, Z_A$  и  $Z_T$ , т/га).

При расчете первого звена системы (3.10) для запаса древостоя получено уравнение

$$\ln M = -0,0256 + 2,2068 \ln A - 0,1927 (\ln A)^2 - 0,1851 X; R^2 = 0,823; SE = 0,225. \quad (3.11)$$

При расчете уравнений здесь и далее принимаются во внимание только переменные, значимые на уровне  $t_{\text{факт}} > 2,0$ , а незначимые на уровне  $P_{05}$  исключаются из дальнейшего расчета. Высокая степень адекватности уравне-

ний (3.10) для ЧПП наглядно подтверждается графиками остатков, т.е. корреляцией между фактическими и расчетными данными (рис. 3.34).

Результаты расчета упомянутых уравнений системы (3.10) для ЧПП сведены в табл. 3.3. Путем табулирования названных уравнений составлена таблица возрастной динамики ЧПП кедров сибирского и корейского (табл. 3.4).

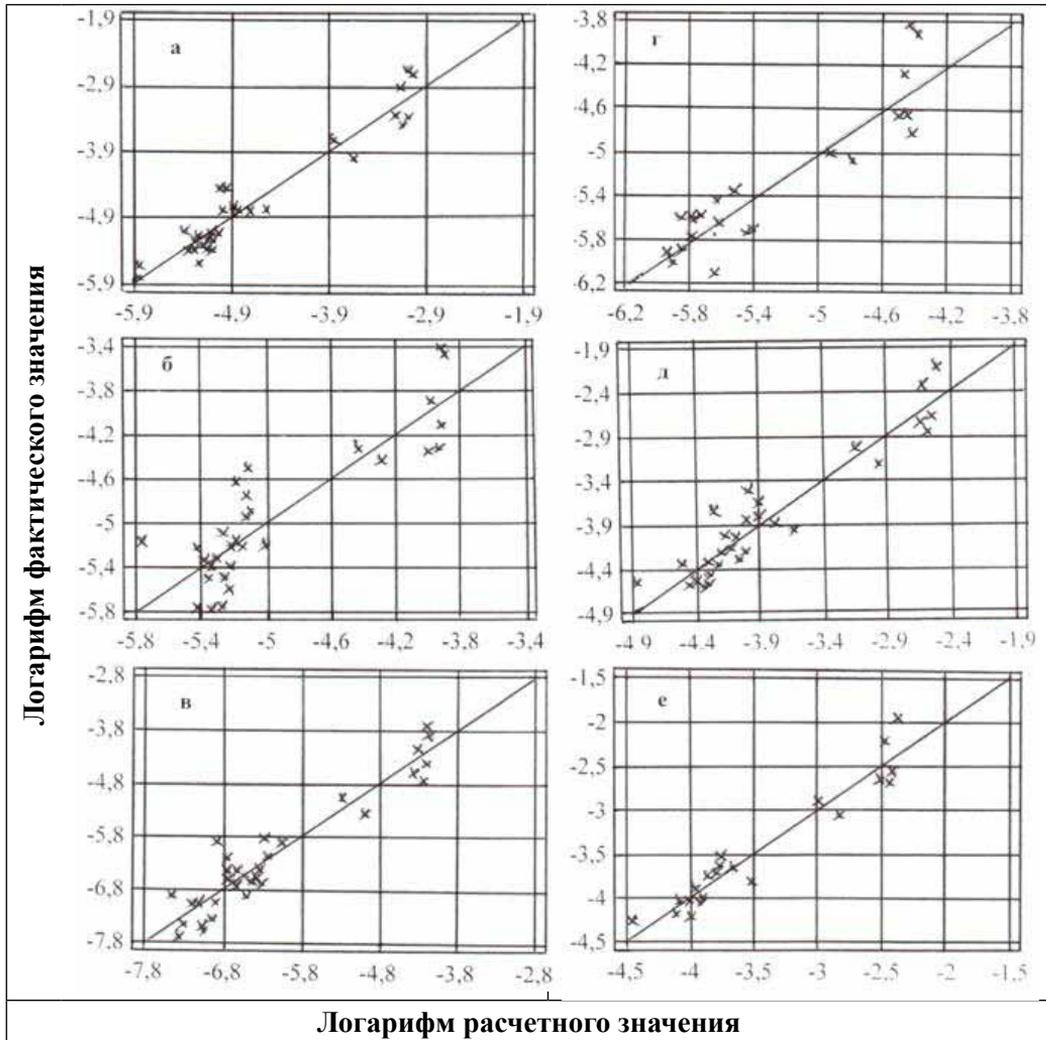


Рис. 3.34. Соотношение фактических и расчетных значений ЧПП кедровников на территории Азии по фракционному составу: (а) стволов, (б) хвои, (в) ветвей, (г) корней, (д) надземной и (е) общей фитомассы согласно уравнениям (3.10) в таблице 3.3

Таблица 3.3

Характеристика уравнений (3.10) для ЧПП кедровников

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (3.10)			$R^2$	SE
	$a_0$	$a_1 (\ln A)$	$a_2 X$		
$\ln(Z_S/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,9441	-0,9257	0,6796	0,921	0,24
$\ln(Z_F/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-2,4687	-0,6180	0,4321	0,768	0,31
$\ln(Z_B/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,4888	-1,3094	0,2771	0,898	0,35
$\ln(Z_R/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-2,5211	-0,6325	0,0380	0,835	0,28
$\ln(Z_U/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-5,5951	-0,0344	0,4012	0,812	0,06
$\ln(Z_4/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-1,1842	-0,6993	0,7607	0,891	0,18
$\ln(Z_T/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,7526	-0,7008	0,4715	0,924	0,20

Таблица 3.4

Таблица возрастной динамики годичной ЧПП (т/га) кедров сибирского и корейского

Возраст, лет	Запас, м <sup>3</sup> /га	Кедр сибирский					Запас, м <sup>3</sup> /га	Кедр корейский				
		$Z_S$	$Z_F$	$Z_B$	$Z_R$	Всего		$Z_S$	$Z_F$	$Z_B$	$Z_R$	Всего
20	129	3,12	1,71	1,56	1,55	7,9	107	5,12	2,19	1,71	1,34	10,4
40	243	3,11	2,11	1,19	1,89	8,3	202	5,10	2,69	1,30	1,63	10,7
60	324	2,84	2,18	0,93	1,95	7,9	269	4,66	2,79	1,02	1,68	10,2
80	382	2,57	2,15	0,75	1,92	7,4	317	4,21	2,76	0,83	1,66	9,5
100	424	2,32	2,09	0,63	1,85	6,9	353	3,81	2,67	0,69	1,60	8,8
120	456	2,11	2,00	0,53	1,77	6,4	379	3,46	2,57	0,58	1,53	8,1
140	480	1,93	1,92	0,46	1,69	6,0	399	3,16	2,46	0,50	1,46	7,6
160	498	1,77	1,83	0,40	1,62	5,6	414	2,90	2,35	0,44	1,39	7,1
180	512	1,63	1,75	0,35	1,54	5,3	425	2,67	2,24	0,38	1,33	6,6
200	522	1,50	1,67	0,31	1,47	5,0	434	2,47	2,14	0,34	1,27	6,2
220	529	1,40	1,60	0,28	1,40	4,7	440	2,29	2,05	0,30	1,21	5,9
240	534	1,30	1,53	0,25	1,34	4,4	444	2,13	1,96	0,27	1,16	5,5

На основании табл. 3.4 можно сделать вывод, что ЧПП хвои и корней увеличивается до 60, а общая ЧПП – до 40 лет, а затем последовательно снижается с возрастом у обеих древесных пород. В уравнениях (3.10), приведенных в табл. 3.3, константы при бинарной переменной X имеют положительный знак, и эта переменная статистически значима по всем фракциям за исключением корней, а также по надземной и общей ЧПП. Значения  $t_{\text{факт}}$  при X варьируют в диапазоне от 2,3 до 9,4, что превышает табличное  $t_{05} = 2,0$ . Это означает, что ЧПП кедр корейского превышает таковую у кедр сибирского, и это превышение статистически значимо, несмотря на то,

что по запасу стволовой древесины соотношение двух пород прямо противоположное.

Названное превышение составляет по стволам, хвое, ветвям и общей ЧПП соответственно 64, 28, 10 и 27%. Фракционные соотношения ЧПП двух пород составляют: у кедра сибирского ЧПП стволов, хвои, ветвей и корней соотносятся как 34, 30, 9 и 27, а у кедра корейского как 44, 30, 8 и 18%, т.е. у кедра корейского по сравнению с сибирским в общей ЧПП больше доля стволов, но меньше - корней.

### 3.3.6.3. Изменение ЧПП кедровников по экорегионам

Чтобы «гармонизировать», или согласовать между собой регрессионные модели фитомассы насаждений для каждого экорегиона, их необходимо объединить в системе блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973, 1986, 1987). Как уже упоминалось, подобная методология применена для оценки степени «дистанцирования» показателей ЧПП насаждений по различным экорегионам в пределах их ареалов. На данном этапе материалы по кедром сибирскому и корейскому, как близким по морфоструктуре, объединены в один исходный массив, но расчлененный по экорегионам с соответствующими сдвигами, обеспечиваемыми блоковыми фиктивными переменными.

С целью выявления в пределах каждой лесорастительной зоны (подзоны) провинциальных закономерностей биопродуктивности лесов на зональную схему Н. И. Базилевич и Л.Е. Родина (1967) нами наложены схемы лесорастительного районирования (Курнаев, 1973; Смагин и др., 1978). После нанесения на схему зонально-провинциального деления территории экспериментальные данные распределились по экорегионам (рис. 3.35).

Все регионы закодированы соответствующими блоковыми фиктивными переменными (табл. 3.5). Каждый блок переменных ( $X_0, \dots, X_3$ ), представляющий группу пробных площадей, приходящуюся на данный регион, повторяется в исходной матрице экспериментальных данных столько раз, сколько имеется пробных площадей в регионе.

Таблица 3.5

Схема кодирования блоковыми переменными региональных массивов данных о ЧПП кедров сибирского и корейского

Экорегион*	$X_1$	$X_2$	$X_3$
УРсп ( <i>Pinus sibirica</i> )	0	0	0
ЗСюж ( <i>P. sibirica</i> )	1	0	0
КИТюж ( <i>P. koraiensis</i> )	0	1	0
КИТхш ( <i>P. koraiensis</i> )	0	0	1

\* Обозначения экорегионов в таблице 3.5: УРсп – Уральская провинция, средняя тайга; ЗСюж – Западносибирская равнинная провинция, южная тайга КИТюж – Северо-Восточный Китай, южная тайга; КИТхш – Северо-Восточный Китай, хвойно-широколиственные леса

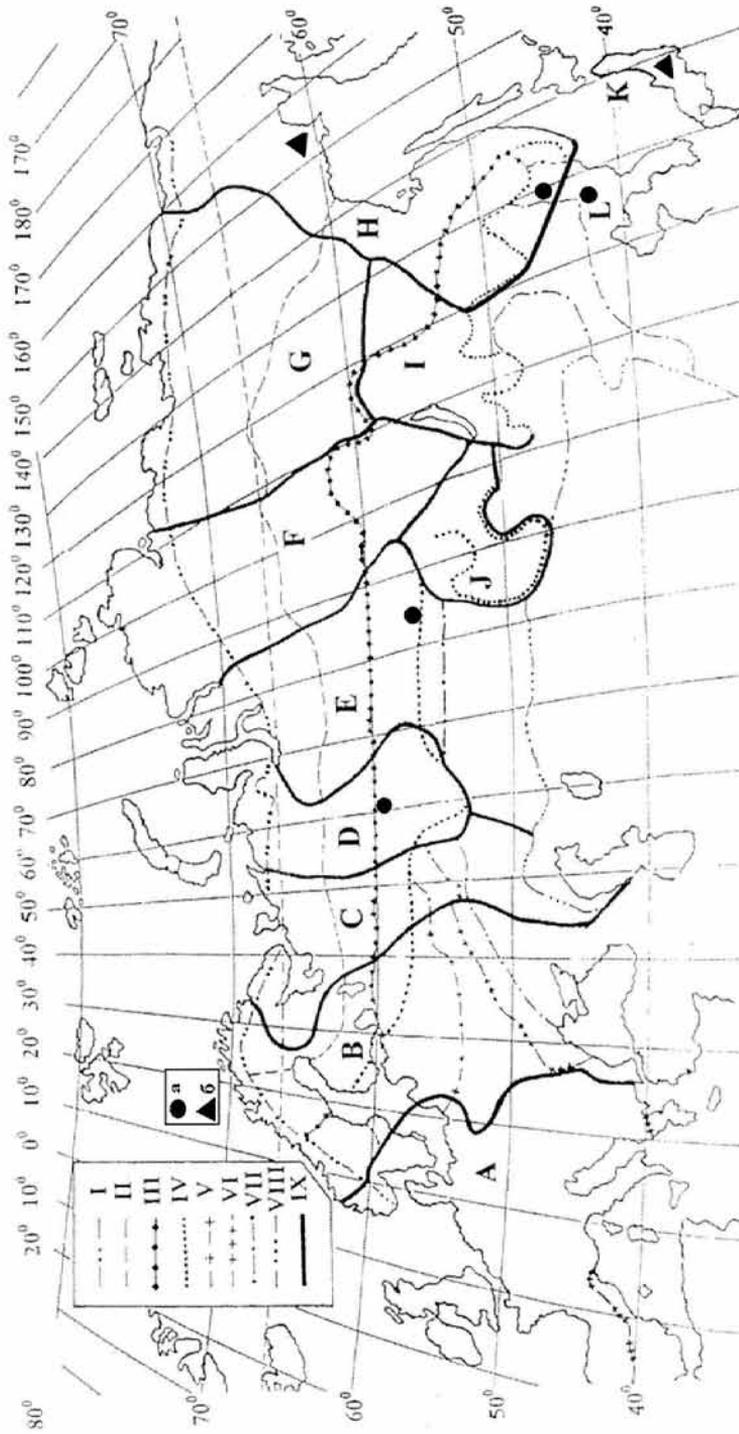


Рис. 3.35. Распределение экспериментальных данных о ЧПП насаждений кедровых сосен на схеме зонально-провинциального деления Евразии; а – кедры сибирский и корейский, б – кедровостланники.

I – южная граница тундры; II – южная граница подзоны северной тайги; III – южная граница подзоны средней тайги; IV – южная граница подзоны южной тайги; V – южная граница хвойно-широколиственных лесов; VI – юго-восточная граница широколиственных лесов; VII – южная граница лесостепи; VIII – южная граница степи. IX – границы лесохозяйственных провинций: А – Среднеевропейская; В – Скандинавско-Русская; С – Восток Русской равнины; D – Уральская; E – Западносибирская; F – Среднесибирская; G – Восточносибирская; H – Дальний Восток; I – Забайкальская горная; J – Алтае-Саянская горная; K – Японская; L – Юго-Восточная. Каждая точка на схеме соответствует одной или нескольким территориально-пробным площадям.

Всего выделено 4 региона (см. табл. 3.5). Более дробное деление территории не имеет смысла из-за относительно слабой наполненности регионов данными о ЧПП кедровников. За исходный (нулевой) принят уровень продуктивности кедровников Среднего Урала, соответствующий естественным насаждениям кедров сибирского подзоны средней тайги. Исходный уровень закодирован нулями для всех регионов (см. табл. 3.5). Каждый из остальных 3 регионов имеет в блоке одну единицу.

Выделенные регионы, закодированные блоковыми фиктивными переменными  $X_0, \dots, X_3$ , включены в уравнения (3.12) с целью установления степени отличия показателей фитомассы каждого региона от базового, соответствующего насаждениям кедров сибирского подзоны средней тайги на Урале. Эти отличия количественно характеризуются константами при блоковых фиктивных переменных соответствующих регионов в многофакторных уравнениях. Уравнение приведено к виду:

$$\ln(Z_i/M) = f(X_0, \dots, X_3, \ln A, \ln N). \quad (3.12)$$

Подобный прием предопределяет согласованность, или гармонизацию регрессионных трендов биопродуктивности насаждений в разных регионах, и является одним из способов приведения показателей продуктивности к сопоставимому виду. Однако густота древостоев  $N$  в уравнениях (3.12) оказалась статистически не значимой ( $t_{факт} = 0,30 \div 0,92 < t_{05} = 2,0$ ), и расчет уравнений выполнен по упрощенной структуре

$$\ln(Z_i/M) = f(X_0, \dots, X_3, \ln A). \quad (3.13)$$

Полученная расчетом характеристика уравнения (3.13) подтверждает их достаточную адекватность фактическим данным ( $R^2 = 0,81-0,93$  и несколько ниже для  $Z_U/M$ ) (табл. 3.6). Высокая степень адекватности уравнений (3.13) наглядно подтверждается графиками остатков, т.е. корреляцией между фактическими и расчетными данными (рис. 3.36).

Таблица 3.6

Характеристика уравнений (3.13) для *Pinus sibirica* и *P. koraiensis*

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					$R^2$	SE
	$a_0$	$a_1 X_1$	$a_2 X_2$	$a_3 X_3$	$a_4 \ln(A)$		
$\ln(Z_S/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,9686	0,2796	0,6576	0,7476	-0,9244	0,925	0,24
$\ln(Z_E/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-2,8021	0,6463	0,2773	0,6186	-0,5644	0,812	0,26
$\ln(Z_B/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,6465	0,5257	0,2138	0,6603	-1,2827	0,906	0,34
$\ln(Z_R/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-2,5050	0,5957	0,3613	0,1537	-0,6957	0,855	0,29
$\ln(Z_U/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-4,5067	0,3205	0,0213	-0,1414	-0,1603	0,637	0,12
$\ln(Z_A/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,9759	0,4643	0,3273	0,5405	-0,6718	0,917	0,22
$\ln(Z_T/M)$ , т/м <sup>3</sup>	-0,7364	0,4929	0,3325	0,4507	-0,6852	0,934	0,19

Уравнения (3.13) «работают» по принципу “Что будет, если...?” и обеспечивают сопоставимость фракционного состава ЧПП фитомассы разных регионов, если в эти уравнения подставить соответствующие характеристики насаждений, в данном случае показатели запаса древостоев  $M$ . Для расчета возрастной динамики ЧПП уравнения (3.13) необходимо протабулировать по значениям запаса древостоев в их возрастной динамике в разных экорегионах. В результате расчета вспомогательного уравнения

$$\ln M = f(X_0, \dots, X_3, \ln A, \ln N) \quad (3.14)$$

мы установили, что как и в уравнении (3.14), густота древостоя оказалась статистически не значимой ( $t_{\text{факт}} = 0,035 < t_{05} = 2,0$ ). В итоге получено уравнение

$$\ln M = 2,6734 - 0,7714 X_1 - 0,4764 X_2 - 0,1358 X_3 + 0,7542 \ln A - 0,0043 (\ln A)^2; \quad R^2 = 0,844; SE = 0,26. \quad (3.15)$$

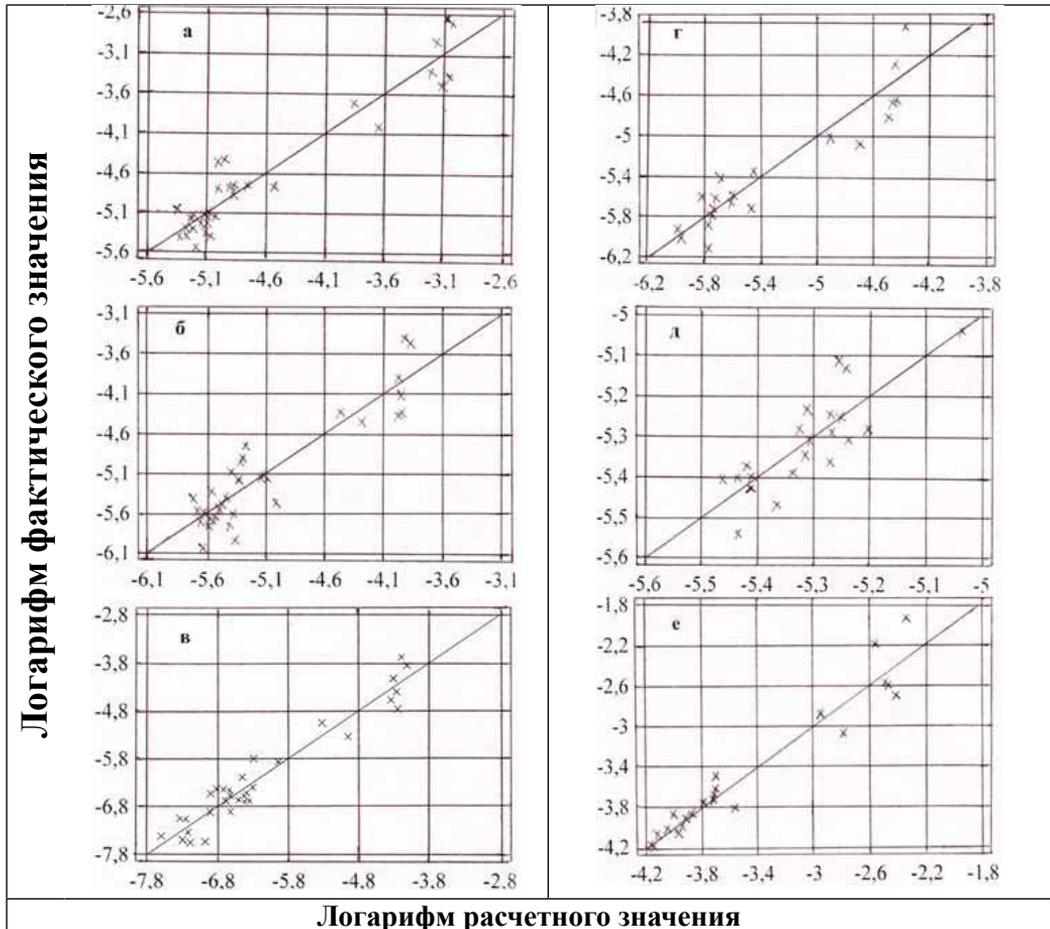


Рис. 3.36. Соотношение фактических и расчетных значений переводных коэффициентов годичной ЧПП фитомассы кедровников на территории Азии по фракционному составу: (а) стволов, (б) хвои, (в) ветвей, (г) корней, (д) нижнего яруса и (е) общей фитомассы согласно уравнениям (3.13).

Таким образом, рекурсивный принцип построения регрессионной системы обеспечивает последовательное накопление региональных различий в возрастной динамике запасов стволовой древесины и затем – ЧПП в последовательности взаимозависимых уравнений (3.15) и (3.13).

Последовательным табулированием систем уравнений (3.15) и (3.13) по задаваемым значениям возраста получены возрастные тренды запаса древесины и ЧПП фитомассы кедровников по каждому экорегиону (табл. 3.7). Из табл. 3.7 взяты значения ЧПП для возраста кедровников 100 лет, и построена диаграмма (рис. 3.37), наглядно показывающая снижение ЧПП в направлении от Урала к Западной Сибири и затем – увеличение в направлении от южной тайги к подзоне хвойно-широколиственных лесов в Китае. Снижение показателей ЧПП кедровников в направлении от Уральской к Западносибирской провинции, возможно, связано с увеличением индекса континентальности климата, а увеличение ее в северо-восточном Китае в направлении от южной тайги к хвойно-широколиственным лесам происходит под влиянием повышения среднемесячной суммы эффективных температур выше +5°C за вегетационный период.

*Таблица 3.7*

**Расчетные возрастные тренды запаса и ЧПП кедровников  
(по материалам базы данных)**

Возраст, лет	Запас стволов, м <sup>3</sup> /га	Годичная ЧПП, т/га						
		стволов с корой	хвои	ветвей	нижнего яруса	надземная	корней	Итого
<b>Уральская провинция</b>								
<b>Средняя тайга</b>								
20	138	3,3	1,54	1,55	0,74	7,11	1,40	8,51
40	218	2,7	1,65	1,00	1,16	6,54	1,37	7,91
60	284	2,5	1,71	0,78	1,51	6,45	1,35	7,80
80	344	2,3	1,76	0,65	1,82	6,51	1,33	7,84
100	398	2,1	1,80	0,57	2,11	6,61	1,32	7,94
120	449	2,0	1,83	0,51	2,38	6,75	1,31	8,06
140	497	2,0	1,85	0,46	2,63	6,90	1,30	8,21
160	543	1,9	1,88	0,42	2,87	7,06	1,30	8,36
180	587	1,8	1,90	0,39	3,10	7,22	1,29	8,52
200	629	1,8	1,92	0,37	3,32	7,39	1,29	8,67
220	670	1,7	1,94	0,35	3,53	7,55	1,28	8,83
<b>Западносибирская равнинная провинция</b>								
<b>Южная тайга</b>								
20	71	2,2	1,51	1,34	0,47	5,55	1,30	6,85
40	112	1,9	1,61	0,87	0,73	5,07	1,27	6,35

Продолжение таблицы 3.7

60	146	1,7	1,68	0,68	0,96	4,98	1,25	6,23
80	176	1,5	1,72	0,57	1,15	4,99	1,24	6,23
100	205	1,5	1,76	0,49	1,34	5,04	1,23	6,27
120	231	1,4	1,79	0,44	1,50	5,12	1,22	6,34
140	255	1,3	1,82	0,40	1,66	5,21	1,22	6,43
160	279	1,3	1,84	0,37	1,82	5,31	1,21	6,52
180	301	1,2	1,86	0,34	1,96	5,41	1,20	6,61
200	323	1,2	1,88	0,32	2,10	5,51	1,20	6,71
220	344	1,2	1,90	0,30	2,23	5,61	1,20	6,81
<b>Северо-Восточный Китай</b>								
<b>Южная тайга</b>								
20	99	4,5	1,46	1,37	0,46	7,82	1,44	9,25
40	156	3,8	1,56	0,89	0,72	6,94	1,40	8,34
60	203	3,4	1,62	0,69	0,94	6,63	1,38	8,01
80	246	3,1	1,66	0,58	1,13	6,51	1,37	7,88
100	285	3,0	1,70	0,50	1,31	6,47	1,36	7,82
120	322	2,8	1,73	0,45	1,47	6,47	1,35	7,82
140	356	2,7	1,75	0,41	1,63	6,50	1,34	7,84
160	389	2,6	1,77	0,38	1,78	6,54	1,33	7,87
180	420	2,5	1,79	0,35	1,92	6,59	1,33	7,92
200	450	2,5	1,81	0,33	2,06	6,66	1,32	7,98
220	480	2,4	1,83	0,31	2,19	6,73	1,32	8,04
<b>Северо-Восточный Китай</b>								
<b>Хвойно-широколиственные леса</b>								
20	126	6,3	2,61	2,73	0,65	12,31	1,49	13,80
40	199	5,3	2,79	1,14	1,02	10,21	1,45	11,66
60	260	4,7	2,90	0,88	1,33	9,83	1,43	11,27
80	314	4,4	2,98	0,74	1,60	9,70	1,42	11,12
100	363	4,1	3,04	0,64	1,85	9,67	1,41	11,07
120	410	3,9	3,10	0,57	2,09	9,69	1,40	11,09
140	454	3,8	3,14	0,52	2,31	9,75	1,39	11,14
160	496	3,6	3,18	0,48	2,52	9,83	1,38	11,21
180	536	3,5	3,22	0,44	2,72	9,92	1,38	11,29
200	574	3,4	3,25	0,42	2,91	10,02	1,37	11,39
220	611	3,4	3,28	0,39	3,10	10,12	1,37	11,49

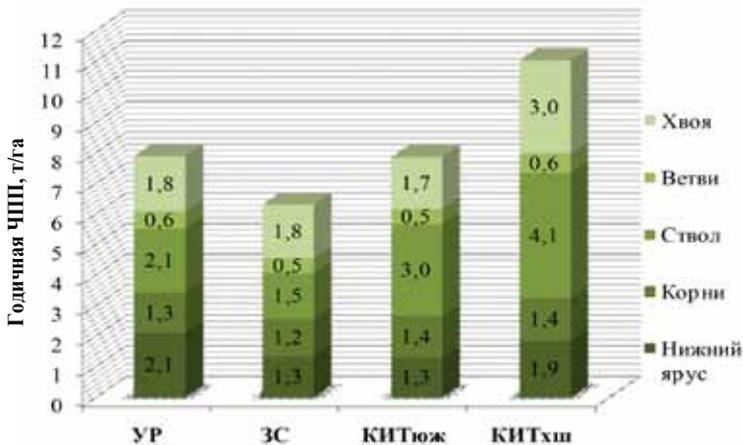


Рис. 3.37. Региональное изменение структуры ЧПП кедровников в возрасте 100 лет. Обозначения см. в таблице 3.5.

Назначение обобщенных возрастных трендов, показанных в табл. 3.7, – приведение древостоев разного возраста и морфоструктуры к сопоставимому по экорегионам виду. Во всех экорегионах независимо от степени жесткости климатических условий с возрастом происходит снижение годичной ЧПП по таким фракциям, как стволы, ветви и корни, а по хвое и нижнему ярусу тенденция противоположная, возможно, вследствие возрастного изреживания древостоев. В результате сложения названных противоположных трендов ЧПП надземной и общей фитомассы кедровников с возрастом вначале снижается, а затем увеличивается. Смена убывающего тренда на возрастающий происходит у кедров сибирского в возрасте 60-80, а у кедров корейского несколько позднее – в возрасте 100-120 лет. Упомянутые возрастные тренды фитомассы в определенном смысле могут служить в качестве специфических характеристик естественных насаждений кедровых сосен и могут быть использованы для сопоставления последних с другими древесными породами.

### 3.3.6.4. ЧПП насаждений кедрового стланика

В имеющихся публикациях по кедровостланикам (*Pinus pumila*) оценивалась чаще только фитомасса и редко – фитомасса и ЧПП. Выполнено лишь два исследования ЧПП и фитомассы в кедровостланиках (табл. 3.8): одно в России Т.М. Панченко (1985) и одно в Японии (Kajimoto et al., 1996). Их результаты дают возможность хотя бы в первом приближении оценить ЧПП кедрового стланика в сравнении с ЧПП кедров сибирского и корейского. Т.М. Панченко заложил на юге Магаданской области (60°с.ш., 151°в.д.)

в подзоне северной тайги семь пробных площадей. Три пробные площади - в кедровостланиках открытого типа на склоне, из которых две – в нижних элементах рельефа (240 м и 266 над ур. м.) в возрасте соответственно 90 и 200 лет и одна – в верхнем элементе рельефа (390 м над ур. м.) в возрасте 200 лет. Четыре пробные площади заложены в речной долине под пологом лиственницы в кедровостланиковом подлеске возрастом от 35 до 54 лет (см. табл. 3.8).

Такуя Каджимото с соавторами (Kajimoto et al., 1996) выполнили аналогичные определения в зарослях кедрового стланика на верхней границе леса (гора Кинпу в центральной Японии). Возраст кедровостлаников от 26 до 55 лет, т.е. такой же, как у кедровостлаников на Колыме под пологом лиственницы. Кедровостланики в Японии имеют кустообразную морфоструктуру, и авторами показано число порослевин, а не число кустов. Отсюда – многократное расхождение значений густоты кедровостлаников на Колыме и в Японии.

При приблизительном равенстве как общей фитомассы, так и общей ЧПП, кедровостлаников на плакорах Колымы и на горе Кинпу в Японии, их фракционная структура существенно различается: если по массе и ЧПП хвой вторые превышают первые соответственно в 4 и 6 раз, то по скелетной надземной части, напротив, первые превышают вторые соответственно в 2 и 7 раз.

При одинаковом возрасте кедровостлаников под пологом лиственницы на Колыме и на верхней границе леса в Японии их фракционная структура также существенно различается: по массе хвой и общей вторые превосходят первые соответственно в 24 и 2,2 раза. По ЧПП расхождения значительнее: вторые превышают первые по ЧПП скелетной части в 8 раз и хвой – в 41 раз. Имеющиеся данные о структуре фитомассы и ЧПП кедровых сосен позволяют выявить некоторые межвидовые соотношения названных показателей. Эти соотношения не являются инвариантными и видоспецифичны в зависимости от рассматриваемого показателя. В частности, в 100-летнем возрасте общая ЧПП насаждений кедра сибирского и корейского больше, чем кедровостлаников на Колыме в 1,3-1,7 раза. В 200-летнем возрасте превышение по ЧПП древостоев кедра сибирского и корейского над кедровостланиками на Колыме примерно 2-кратное. Общая ЧПП кедров сибирского и корейского в 40-летнем возрасте выше по сравнению с кедровостланиками Японии соответственно в 1,6 и 2,0 раза.

Таблица 3.8  
Фактические значения фитомассы и ЧПП кедровостлаников на Колыме и в Японии. Обозначения см. в тексте.

№	А, лет	N, тыс. шт/га	H, м	M, м³/га	Фитомасса, т/га			ЧПП, т/га				
					Скелет*	Хвоя	Корни	Всего	Скелет*	Хвоя	Корни	Всего
<b>Панченко, 1985.</b>												
Колыма. Плакоры. Кедровник на склоне. 240 м над ур. м. 60°с.ш., 151° в.д.												
1	90	7,075	2,8	65,0	36,1	3,1	11,0	50,2	4,59	0,614	0,122	5,33
Колыма. Плакоры. Кедровник на склоне. 266 м над ур. м.												
2	200	6,175	3,0	84,6	46,9	3,2	11,0	61,1	3,305	0,610	0,058	3,973
Колыма. Плакоры. Кедровник на склоне. 390 м над ур. м.												
3	200	11,475	1,4	28,1	15,56	2,1	5,2	22,86	1,232	0,335	0,026	1,593
Колыма. Речная долина. Кедровостланиковый подлесок под пологом лиственницы.												
4	40	0,700	2,2	6,90	3,82	0,10	0,15	4,07	0,013	0,018	0,004	0,035
5	54	5,875	2,0	85,3	47,25	1,01	1,92	50,2	0,120	0,159	0,035	0,314
6	35	7,200	1,7	36,2	20,06	0,55	0,61	21,2	0,073	0,106	0,018	0,197
7	48	0,270	1,1	1,60	0,89	0,012	0,015	0,917	0,0022	0,0026	0,0003	0,0051
<b>Кажimoto et al., 1996</b>												
Префектура Нагано, гора Кинпу. 2595 м над ур. м. 37°с.ш., 138° в.д.												
8	39	210,0	0,40	22,9	12,7	7,8	11,8	32,3	0,326	2,60	1,69**	4,62
9	26	330,0	0,30	11,2	6,2	5,6	5,77	17,6	0,238	1,87	1,03**	3,14
10	55	140,0	0,70	40,4	22,4	10,4	20,8	53,6	0,407	3,47	2,46**	6,34
11	37	130,0	0,50	30,9	17,1	9,7	15,9	42,7	0,462	2,42	1,71**	4,59
12	36	320,0	0,40	33,0	18,3	12,6	17,0	47,9	0,508	3,15	2,01**	5,67
13	38	230,0	0,50	42,8	23,7	15,8	22,0	61,5	0,624	3,95	2,54**	7,11

Примечание: \* скелет – это суммарный показатель стволов и ветвей; \*\* данные получены расчетом.

## Заключение по гл. 3

Взаимосвязь чистой первичной продукции и фитомассы обусловлена чисто теоретическими предпосылками: фитомасса является непосредственной функцией годичной продукции, и оба показателя лимитируются одними и теми же экологическими факторами, такими как температура, обеспеченность влагой и элементами питания. Однако характер зависимости от этих факторов у них разный. Показатели фитомассы достаточно консервативны, тогда как ЧПП более чутко реагирует на изменение названных факторов, в том числе возраста.

Поскольку получение фактических значений ЧПП на пробных площадях является существенно более трудоёмким по сравнению с показателями фитомассы, установление зависимостей ЧПП от фитомассы разных древесных пород представляет не только научный, но и практический интерес. Однако количественное описание названного соотношения крайне противоречиво, а из всех действующих на него факторов исследовано влияние лишь возраста древостоя.

По мере накопления фактических данных ЧПП по мировым лесам, её связь с такими климатическими показателями, как температура и осадки, становится всё более неопределённой. Возможная причина, по-видимому, состоит в том, что в случае, когда игнорируются существенные, определяющие ЧПП факторы, увеличение числа наблюдений ничего не даёт. Такими неучтёнными факторами в данном случае являются возраст и морфометрические показатели лесных фитоценозов, которые варьируют в естественных условиях в широком диапазоне, перекрывающем диапазон варьирования ЧПП под влиянием собственно температуры и осадков.

Установлено, что по зональному градиенту надземная и общая ЧПП сосняков и елово-пихтарников монотонно возрастает в направлении от северной к южной оконечности материка, лиственничники и березняки имеют максимум в 3-м и древостои *Populus* – во 2-м зональных поясах, а по дубовым древостоям чёткой закономерности не выявлено.

В пределах одного зонального пояса надземная и общая ЧПП монотонно снижается в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии, как у хвойных, так и у лиственных.

ЧПП нижнего яруса у всех пород, за исключением дуба, монотонно возрастает в направлении к субэкваториальному поясу. Для дубовых фитоценозов чёткой закономерности не выявлено. В пределах одного зонального пояса по мере приближения к полюсу континентальности ЧПП у *Pinus* и *Quercus* монотонно понижается, а у остальных пород – увеличивается.

Отношение подземной ЧПП к надземной по зональному градиенту у *Pinus* находится в максимуме в умеренном поясе, понижаясь в северном и

южном направлениях, у всех лиственных в южном направлении монотонно повышается, а у остальных пород – снижается. Аналогичные закономерности были установлены и по соотношению названных фитомасс.

В пределах одного зонального пояса по мере приближения к полюсу континентальности отношение подземной ЧПП к надземной в лиственничниках, елово-пихтарниках и дубняках монотонно снижается, а у остальных пород возрастает.

Отношение ЧПП нижнего яруса к общей (надземной и подземной) ЧПП древостоя по зональному градиенту в сосняках, лиственничниках и елово-пихтарниках находится в минимуме во 2-м зональном поясе, повышаясь в северном и южном направлениях, в дубняках минимум приходится на 3-4 пояса, а у остальных лиственных в южном направлении монотонно повышается.

В пределах одного зонального пояса отношение ЧПП нижнего яруса к общей ЧПП древостоя по мере приближения к полюсу континентальности в сосняках снижается, в дубовых насаждениях имеется максимум при индексе континентальности 75%, а у остальных пород монотонно возрастает.

Таким образом, не выявлено общих для всех древесных пород закономерностей изменения фитомассы и ЧПП в двух трансконтинентальных климатических градиентах. Изложенные закономерности получены впервые и имеют предварительный характер: по мере дальнейшего наполнения базы фактических данных о ЧПП насаждений, применения более совершенных расчётных алгоритмов и в связи с изменением климата они могут быть подвержены смещениям.

## ГЛАВА 4. ТРАНСКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ГРАДИЕНТЫ УДЕЛЬНОЙ ЧИСТОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ (УдЧПП) ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЕВРАЗИИ

### 4.1. Общие замечания

Оценка биологической продуктивности лесов представляет одну из наиболее приоритетных задач лесной экологии. Если результаты исследований структуры и географии фитомассы и чистой первичной продукции (ЧПП) лесных насаждений представлены в достаточно обширной литературе, то удельная чистая первичная продукция (УдЧПП), как отношение ЧПП к величине фитомассы, выражаемое в долях или в процентах (Базилевич и др., 1986; Базилевич, Титлянова, 2008; Гульбе и др., 2010), стала исследоваться лишь в последние годы. При этом выявляются многочисленные неопределённости (Усольцев, 2014б).

Методические основы определения и аналитического описания УдЧПП восходят к традиционной лесной таксации, использующей понятие процента текущего прироста стволовой древесины, который представляет собой частное от деления текущего объемного прироста древостоя на его запас и выражается в процентах (Pressler, 1865; Турский, 1925; Орлов, 1928, 1929; Анучин, 1952). Если известны запас древостоя и процент его текущего прироста, то можно приближенно, без рубки деревьев определить текущий прирост запаса древостоя по формуле

$$Z_M = (M \times Z_{\text{отн}}) / 100, \quad (4.1)$$

где  $Z_M$  - текущий годичный прирост запаса древостоя, м<sup>3</sup>/га;  $M$  – запас древостоя, м<sup>3</sup>/га;  $Z_{\text{проц}}$  - процент текущего прироста запаса древостоя.

Исследуя в ельниках Прибалтики показатель  $(Zv/V)$  как отношение годовичного объемного прироста  $Zv$  (м<sup>3</sup>) дерева к его объему  $V$  (м<sup>3</sup>), Л.А. Кайрюкштис (1969) установил, что этот показатель довольно изменчив и зависит от многих параметров: объема ствола, класса развития дерева, класса бонитета и других условий местопроизрастания. Математическое выражение зависимости процента текущего прироста по запасу от возраста и полноты сосновых древостоев Казахского мелкосопочника предложено В.К. Хлюстовым и А.А. Макаренко (1983).

Зависимость относительного объемного прироста, или его процента, от возраста выражается обычно гиперболической зависимостью, либо функцией Гомпертца, либо иной, близкой по биологическому смыслу, убывающей

нелинейной функцией (Науменко, 1946; Кайрюкшис, 1969; Wenk, 1973a,b; Антанайтис, Загреев, 1981; Бузыкин и др., 1991).

Немецким исследователем Р. Наке (цит. по: Wenk et al., 1990) было проанализировано 16 функций относительного прироста. В частности, М. Проданом (Prodan, 1951) для определения процента текущего прироста древостоя предложена одна из наиболее известных и имеющих большое практическое значение зависимость:

$$Z_{\text{проц}} = f(D, Z_r), \quad (4.2)$$

где  $D$  – средний диаметр древостоя, см;  $Z_r$  – текущий годичный радиальный прирост, мм. На этой основе были разработаны таблицы процентов текущего прироста для хвойных и лиственных пород, широко используемые в лесохозяйственной практике Германии.

В.В. Антанайтис и В.В. Загреев (1981) для нескольких древесных пород конкретизировали уравнение (4.2), в частности, для 50-летних осинников ими предложена зависимость:

$$Z_{\text{проц}} = 0,838 + 0,043 Z_r + 1,265/D + 37,937 Z_r/D, \quad (4.3)$$

обеспечивающая точность аппроксимации 0,3-0,5%.

Путём введения в (4.3) возраста древостоя как третьей независимой переменной авторы показали универсальный характер модифицированной зависимости, которая стала приемлемой для основных лесобразующих пород.

Гюнтер Венк (Wenk, 1969, 1973a,b) ввел понятие относительного прироста  $Z_{\text{отн}}$ , или относительной скорости роста (relative Wachstumsgeschwindigkeit) древостоя по запасу как отношение текущего объемного прироста к запасу древостоя и использовал его для прогнозирования роста на основе модифицированной им функции Гомпертца (Backman, 1938)

$$Z_{\text{отн}} = \exp[-c_1 A (1 - \exp[-c_2 A (1 - \exp[-c_3 A])])], \quad (4.4)$$

где  $A$  – здесь и далее возраст древостоя, лет. Константа  $c_1$  в формуле (4.4) является наиболее важным параметром, видоспецифичным и зависящим от условий произрастания. Она изменяется в диапазоне от 0,15 до 0,40; константа  $c_2$  варьирует в пределах от 0,5 до 5,0 и константа  $c_3$ , характеризующая скорость роста в первые годы жизни древостоя, изменяется в пределах от 0,15 до 1,0. Значения названных констант подбираются эмпирическим путем. Их влияние на характер возрастного изменения относительного прироста показано на рис. 4.1 и 4.2.

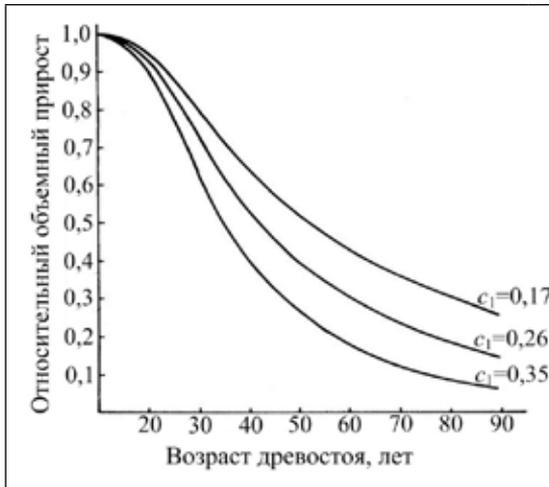


Рис. 4.1. Изменение относительного объемного прироста при различных значениях константы  $c_1$  и неизменных значениях  $c_2$  и  $c_3$  в уравнении (4.4) (Wenk, 1973a).

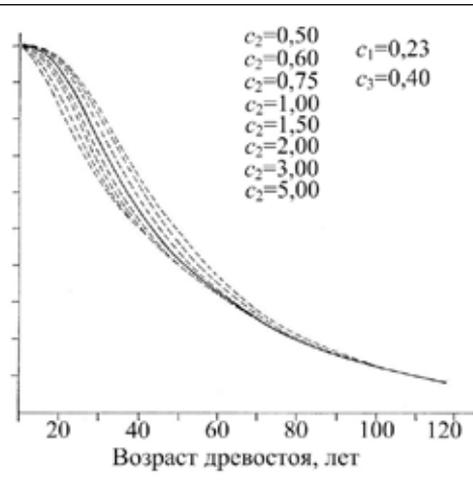


Рис. 4.2. Изменение относительного объемного прироста при различных значениях константы  $c_2$  и при постоянной величине константы  $c_1 = 0,23$  и  $c_3 = 0,40$  в уравнении (4.4) (Wenk et al., 1990). Сплошная линия соответствует значению  $c_2 = 1,0$ .

А.И. Бузыкин с соавторами (1991) отношение объемного прироста к запасу древостоя ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ) назвали удельной продуктивностью и на примере сосняков и лиственничников разнотравно-зеленомошных в Приангарье показали монотонно убывающий характер зависимости названного показателя от возраста древостоя (рис. 4.3). Авторами сделан вывод: «В пределах фиксированного возраста деревьев и древостоев независимо от их параметров удельную продуктивность можно считать относительно стабильным показателем продукционного процесса» (с. 24).

Результатом исследования, выполненного на уровне древостоев (Колтунова, 2004), было утверждение, что относительные показатели фитомассы остаются стабильными при изменении лесорастительных условий. К аналогичному выводу пришла И.В. Паламарчук (2013), проанализировав данные таблиц биологической продуктивности сосняков Северной Евразии, составленных В.А. Усольцевым (2002б) путем совмещения регрессионных многофакторных моделей фитомассы с традиционными таблицами хода роста сосняков разных классов бонитета в разных экорегионах. По упомянутым таблицам ею рассчитано относительное текущее изменение фитомассы разных фракций как частное от деления разности ее запасов за текущие 20 лет к запасу в данном возрасте. Проанализировав возрастную динамику полученных относительных показателей в диапазоне использованных таблиц биопроductивности, И.В. Паламарчук установила, что эта динамика имеет общий характер, т.е. на статистически значимом уровне не зависит ни от класса бонитета древостоев, ни от района их произрастания (рис. 4.5).

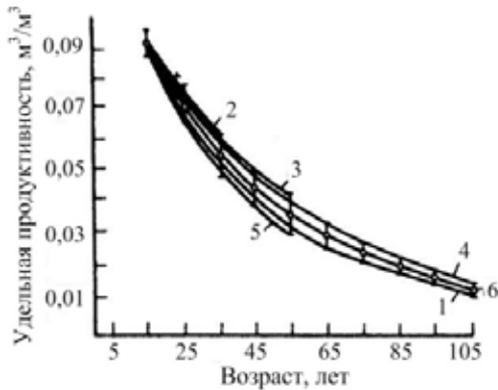


Рис. 4.3. Изменение удельной продуктивности древостоев с возрастом: 1-3 – лиственные; 4-5 – сосновые и 6 – усредненные данные (Бузыкин и др., 1991).

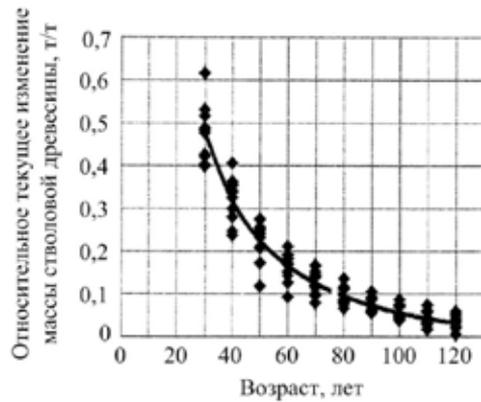


Рис. 4.4. Возрастная динамика относительного текущего изменения фитомассы стволов разных классов бонитета в разных районах произрастания сосняков (Паламарчук, 2013).

Таким образом, в традиционной лесной таксации при моделировании удельной продуктивности (процента прироста по запасу) древостоев возраст учитывался как необходимая переменная, объясняющая изменчивость искомого показателя. Однако при первых оценках удельной чистой продукции (УдЧПП) возраст не стал учитываться, и это породило некоторые неопределённости.

Если при линейной зависимости  $P \sim Z$  (см. рис. 3.2 и 3.3) по мере увеличения ЧПП с 8 до 15 т/га УдЧПП остается на уровне 2-3%, то при колоколообразной (см. рис. 3.4) она монотонно возрастает и при ЧПП, равной 5, 20 и 32 т/га, составляет соответственно 4, 7 и 13%, а согласно линейной зависимости (3.3) (см. рис. 3.6 справа) с увеличением ЧПП с 3 до 12 т/га УдЧПП сосняков Китая снижается с 21 до 8%. Несмотря на то, что тренды зависимостей по уравнениям (3.3) и (3.4) близки (см. рис. 3.7), величина УдЧПП во втором случае (линия 2 на рис. 3.7) практически не изменяется (в отличие от соответствующей закономерности согласно (3.2)) по мере увеличения ЧПП и остается на уровне 8-9%.

Х. Килинг и О. Филипс (Keeling, Phillips, 2007) снижение фитомассы и соответствующее увеличение УдЧПП при высоких значениях ЧПП в тропических лесах объясняют ускоренным круговоротом веществ и некоторыми эдафическими факторами, отмечая, тем не менее, наличие неопределенностей в исследуемом продукционном процессе и необходимость дальнейших углубленных исследований.

Я.И. Гульбе с соавторами (2010), в отличие от предшественников (см. раздел 3.1), провели анализ не прямого соотношения  $Z \sim P$ , скорректированного возрастом древостоя, как в уравнении (3.6), а относительного показателя

теля  $Z_{abo}/P_{abo}$  (УдЧПП) в зависимости от возраста по аналогии с процентом текущего прироста по запасу или с относительным текущим изменением фитомассы (см. рис. 4.1-4.4). На основе базы данных пробных площадей по надземной фитомассе и ЧПП в количестве 208 древостоев для сосны обыкновенной, 74 – ели, 24 – дуба, 47 - березы, 18 – осины и 20 – ольхи серой они предложили серию уравнений

$$\ln(Z_{abo}/P_{abo}) = a_0 - a_1 \ln A. \quad (4.5)$$

Выражение (4.5) описывает монотонно убывающую закономерность изменения УдЧПП с возрастом древостоя.  $R^2$  уравнений для разных пород варьирует в диапазоне от 0,754 до 0,968. Путем табулирования уравнений (4.5) по задаваемым значениям возраста древостоя получена табл. 4.1, показывающая, что у всех пород УдЧПП резко снижается с возрастом примерно до 100 лет, после чего снижение незначительно.

При сравнении рис. 4.1 и 4.2, с одной стороны, и рис. 4.3 и табл. 4.1, – с другой, становится очевидным, что относительная продуктивность сосняков и лиственничников Приангарья (Иркутская область) и лесообразующих пород России на порядок ниже аналогичного показателя для древостоев ели, пихты и бука Центральной Европы. Для лесов Башкирии по данным Р.Ш. Кашапова (2002), УдЧПП составила 4,0, а по данным В.А. Усольцева с соавторами (2009) 6,8%. Для подзоны южной тайги в Бурятии этот показатель установлен на уровне 1,1 (Тулохонов и др., 2006), а для основных лесных формаций Китая 12,0% (Fang et al., 1996).

*Таблица 4.1*

Зависимость надземной УдЧПП (кг/кг) древостоев лесообразующих пород от возраста (Гульбе и др., 2010)

Возраст, лет	Древесная порода					
	Сосна	Ель	Дуб	Береза	Осина	Ольха
10	0,317	0,258	0,322	0,319	0,261	0,232
20	0,150	0,139	0,161	0,155	0,145	0,126
30	0,097	0,096	0,108	0,101	0,103	0,088
40	0,071	0,074	0,081	0,075	0,080	0,068
50	0,056	0,061	0,065	0,059	0,066	0,056
60	0,046	0,052	0,054	0,049	0,057	0,048
70	0,039	0,045	0,046	0,042	0,050	-
80	0,033	0,040	0,040	0,036	0,045	-
90	0,029	0,036	0,036	0,032	-	-
100	0,026	0,033	0,032	0,029	-	-
110	0,024	0,030	0,029	0,026	-	-
120	0,022	0,028	0,027	-	-	-
130	0,020	0,026	0,025	-	-	-
140	0,018	0,024	0,023	-	-	-
150	0,017	-	0,022	-	-	-

Таким образом, относительная стабильность возрастного тренда удельной продуктивности древостоев (см. рис. 4.4) имеет региональный характер, однако, даже в пределах одного экорегиона названный показатель может различаться в несколько раз. Кроме того, эта видимая стабильность не подтверждена статистически и не обоснована методологически. Поэтому данный показатель должен исследоваться на основе многофакторного регрессионного моделирования в географическом аспекте. Унифицированный характер относительного изменения фитомассы сосняков (см. рис. 4.5) можно объяснить тем, что в данном случае не учтен ежегодный отпад фракций фитомассы, который может различаться в сосняках разных типов леса и в разных климатически специфичных экорегионах.

На начальном этапе географически ориентированных исследований УдЧПП регрессионные модели для ее исходных составляющих (фитомассы и ЧПП лесообразующих пород Евразии) рассчитывались отдельно по соответствующим исходным массивам фактических данных (как в главах 2 и 3), при этом первые по объему обычно в несколько раз превышали вторые, включающие показатели не только ЧПП, но и фитомассы, полученные одновременно на одной и той же пробной площади (Усольцев и др., 2014, 2015а; Usoltsev et al., 2014).

При расчете моделей использовался рекурсивный принцип: уравнения для фитомассы строили по большему (более репрезентативному) массиву и табулировали их по задаваемым (возраст) и расчетным (густота, запас и др.) показателям, а уравнения для ЧПП рассчитывали по меньшему (менее репрезентативному) массиву, и в них, кроме выше упомянутых независимых переменных включались показатели фитомассы. Тем самым, и соответствующие модели имели разную степень репрезентативности. Но когда результаты расчета ЧПП по уравнениям накладывались на результаты расчета фитомассы по соответствующим уравнениям с использованием рекурсивного принципа, мы тем самым поднимали репрезентативность полученных значений ЧПП до уровня репрезентативности расчетных значений фитомассы.

По изложенному алгоритму была выполнена оценка годичного депонирования углерода лесами Уральского региона на лесопокрытой площади 106 млн. га (Усольцев, 2007; Усольцев и др., 2010). Иной метод использовали А.З. Швиденко с соавторами (2007): они оценивали ЧПП (и депонируемый углерод) как производную от полной производительности фитомассы (включая отпад и опад) по соответствующим таксационным нормативам. Оценку фотосинтетического стока углерода по методу хлорофиллового индекса выполнили П.Ю. Воронин с соавторами (2004). Поскольку расхождения результатов, полученных по трем альтернативным алгоритмам, находились в пределах 8%, можно считать, что каждый из них адекватен и дает воспроизводимые результаты.

Иная ситуация складывается при оценке УдЧПП по расчетным значениям фитомассы и ЧПП. В этом случае мы делим значения ЧПП, полученные по соответствующим регрессионным моделям (меньший массив), на значения фитомассы, полученные по регрессионным моделям, рассчитанным по исходным данным, 70-80% которых охватывают совсем другие пробные площади из разных экорегионов (большой массив). В результате возможны смещения, обусловленные тем, что числитель и знаменатель УдЧПП представлены несопоставимыми исходными данными разной репрезентативности.

Возможно, поэтому применение подобного алгоритма оценки УдЧПП в трансконтинентальных климатических градиентах березняков (Норицина, 2009; Усольцев и др., 2015а), ельников (Usoltsev et al., 2014), лиственничников (Усольцев и др., 2014; Usoltsev et al., 2015) и сосняков (Усольцев и др., 2015б) дало противоречивые результаты. Некоторые неопределённости могли быть обусловлены и тем, что исходные данные позиционировались по разным картам-схемам: по зональному градиенту - как карта распределения суммы эффективных температур С. Тукканена для Северной Евразии (Tuhkanen, 1984), так и карта-схема зональных поясов всей Евразии (Алисов, Полтараус, 1974), а по градиенту континентальности климата использовались различные карты изоконт, составленные, в частности, А.А. Борисовым по формуле В. Ценкера (1967), С.П. Хромовым (1957) и Л.Г. Полозовой (1954).

В настоящей главе предпринята попытка проанализировать географические аспекты УдЧПП названных древесных пород с использованием алгоритма, унифицированного для разных древесных пород, т.е. по материалам только тех пробных площадей, на которых были получены данные как фитомассы, так и ЧПП, позиционированные в трансконтинентальных градиентах по одним и тем же картам-схемам (Хромов, 1957; Алисов, Полтараус, 1974). В основу исследования положен метод регрессионных оценочных моделей УдЧПП по укрупнённым показателям фитомассы: надземной (листва, ветви и стволы), подземной и нижнего яруса, включающего живой напочвенный покров, подлесок и подрост.

Известно, что отсутствие количественных критериев при установлении типа леса обуславливает трудности с его идентификацией и субъективность при выделении того или иного типа леса. Под количественной оценкой типов леса понимается «построение информативной системы из минимального количества их признаков, которые репрезентативно и численно отражают закономерности формирования типов леса» (Чернявский, 1985). Анализ сходства 50 типов леса, выполненный Н.В. Чернявским, показал, что их надежное диагностирование возможно по нескольким числовым показателям, одним из которых является относительный прирост фитомассы, т.е. УдЧПП.

УдЧПП представляет одну из важнейших характеристик функционирования лесных экосистем, а ее обратная величина (отношение фитомассы к ЧПП) показывает, за какое время поток ЧПП создает наличный запас фитомассы (Одум, 1975; Базилевич, Титлянова, 2008). УдЧПП, в отличие от ЧПП, представляет собой относительный показатель, а таковые в ряде случаев предпочтительнее использовать в целях всесторонней характеристики лесных сообществ. Они обычно более стабильны, чем абсолютные, и по сравнению с последними позволяют выявить общие (видоспецифичные) закономерности продукционного процесса и его возрастной динамики в лесных экосистемах (Гульбе и др., 2010).

Анализ литературных источников показал отсутствие какой-либо информации о трансевразийских градиентах УдЧПП лесообразующих пород.

## 4.2. Методы, результаты моделирования и их обсуждение

Для анализа климатически обусловленной географии УдЧПП лесообразующих пород Евразии нами использованы те же фактические данные о ЧПП и фитомассе насаждений (Usoltsev, 2013), что и в главе 3 (см. рис. 3.16, 3.17, 3.18). Положение пробных площадей на физической карте Евразии показывает, что фактически ими охвачена вся покрытая лесом территория Евразии в пределах ареалов древесных пород (см. рис. 3.16). Кедровые сосны (5-хвойный подрод *Haploxylon*, куда вошли *Pinus sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* S. et Z. и *P. pumila* (Pall.) Regel) в данном разделе, как и в главе 3, анализируются отдельно и по другой методике по причине недостаточного количества фактических данных ЧПП и фитомассы - всего 50 определений.

Исходные положения моделирования и полученные в результате регрессионного анализа соотношения должны иметь эколого-географическое истолкование. УдЧПП, как одна из характеристик биологической продуктивности лесов определяется климатическими факторами, но лишь в первом приближении, поскольку есть еще онтогенетический, ценогенетический, эдафический и другие уровни ее изменчивости. Поэтому в регрессионные уравнения в качестве «объясняющих изменчивость» независимых переменных мы включаем, наряду с климатическими параметрами, возраст и запас древесины. Последний является интегральным показателем, учитывающим ценогенетические и эдафические особенности лесных экосистем в том или ином экорегионе.

Выполнен многофакторный регрессионный анализ климатически обусловленной (географической) ординации запаса стволовой древесины и

УдЧПП лесных экосистем согласно рекурсивной системе уравнений (стрелкой показана последовательность расчетов):

$$M = f(A, Zon, IC) \rightarrow RZi = f(A, M, Zon, ICKh), \quad (4.6)$$

где  $A$  – возраст древостоев, лет;  $M$  – запас древесины, м<sup>3</sup>/га;  $RZi$  – УдЧПП  $i$ -й фракции ( $RZa$ ,  $RZr$  и  $RZu$ , соответственно: надземной, подземной и нижнего яруса), %;  $Zon$  – порядковый номер зонального пояса (см. рис. 3.17);  $ICKh$  – индекс континентальности климата, по Хромову (1957), % (см. рис. 3.18). Естественные сосняки и культуры анализируются совместно в предположении, что при одном и том же возрасте различие их морфоструктуры и продукционных показателей учитывается разной густотой и соответственно – разным запасом стволовой древесины.

Расчет регрессионных коэффициентов «цепочки» уравнений (4.6) выполнен в следующей последовательности: вначале рассчитывается уравнение для  $M$  в системе (4.6) с использованием независимых переменных  $A$ ,  $Zon$  и  $ICKh$  и затем уравнения для УдЧПП фитомассы  $RZi$  той же системы (4.6) с использованием тех же независимых переменных  $A$ ,  $Zon$  и  $ICKh$ , а также переменной  $M$ , статус которой сменился, и ранее зависимая переменная на данном этапе стала независимой (по рекурсивному принципу).

В результате получены характеристики уравнений (4.6), приведенные в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Характеристика уравнений (4.6)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (4.6)								
	$a_0$	$a_1$ ( $\ln A$ )	$a_2$ ( $\ln A$ ) <sup>2</sup>	$a_3$ ( $\ln M$ )	$a_4$ $\ln(Zon)$	$a_5$ ( $\ln Zon$ ) <sup>2</sup>	$a_6$ ( $\ln ICKh$ )	$R^2$	$SE$
Сосна, подвид <i>Pinus</i>									
$\ln(M)$	-2,7067	3,5449	-0,3609	-	2,2958	-0,9923	-0,3652	0,547	0,62
$\ln(RZa)$	10,399	-0,5633	-	-0,3203	0,4375	-	-1,1560	0,748	0,34
$\ln(RZr)$	8,5800	-0,9374	-	-0,1444	1,1613	-0,4903	-0,7641	0,762	0,36
$\ln(RZu)$	-14,946	-0,2203	-	-	0,5529	-	4,2177	0,409	0,41
Лиственница									
$\ln(M)$	0,4181	2,5984	-0,2573	-	1,6134	-	-0,6623	0,552	0,51
$\ln(RZa)$	5,0903	-0,5141	-	-0,1985	-	-	-	0,750	0,29
$\ln(RZr)$	28,906	-0,6806	-	-0,3333	-0,5149	-	-4,9679	0,525	0,66
$\ln(RZu)$	11,061	-0,4901	-	0,3341	-	-	-1,6670	0,207	0,91
Ель и пихта									
$\ln(M)$	5,2605	2,0501	-0,1905	-	0,5717	-	-1,2160	0,474	0,43
$\ln(RZa)$	4,3521	-1,6131	0,1220	-0,1923	0,0530	-	0,6748	0,880	0,22

Продолжение таблицы 4.2

$\ln(RZr)$	10,706	-0,7209	-	-0,1927	0,6481	-0,3419	-1,2683	0,806	0,37
$\ln(RZu)$	0,2172	-0,1902		0,0344	0,3051		0,7832	0,560	0,19
Береза									
$\ln(M)$	-0,4786	1,6623	-0,1230	-	4,5795	-2,1127	-0,3649	0,651	0,44
$\ln(RZa)$	2,8881	-1,2637	0,1111	-0,1368	0,2305	-	0,6887	0,783	0,22
$\ln(RZr)$	2,2616	-0,7149	-	-0,0473	0,7502	-0,3037	0,4283	0,849	0,15
$\ln(RZu)$	1,8521	-2,3154	0,2865	0,1143	1,0846	-0,3913	1,1568	0,425	0,27
Осина и тополи									
$\ln(M)$	2,1880	-2,0080	0,3013	-	-4,8814	2,3009	1,8683	0,323	0,39
$\ln(RZa)$	4,2685	-1,3681	0,1116	-	-0,4382	0,2132	0,4050	0,761	0,13
$\ln(RZr)$	5,0696	-0,8351	-	-	-0,3733	0,1719	-	0,842	0,13
$\ln(RZu)$	1,9465	2,0541	-0,2534	0,0940	0,9321	-0,4469	-0,7417	0,238	0,16
Дуб									
$\ln(M)$	3,6806	0,9796	-	-	-3,6881	1,4554	-0,1331	0,376	0,56
$\ln(RZa)$	-1,9287	0,7199	-0,1275	-0,3819	0,9479	-0,3657	1,0297	0,818	0,18
$\ln(RZr)$	7,4108	-0,9438	-	0,0466	-1,3657	0,6046	-0,3725	0,927	0,11
$\ln(RZu)$	-15,654	1,5478	-0,1934	-0,1681	2,9435	-1,3671	3,4573	0,653	0,21

В уравнениях, приведенных в табл. 4.2, за редким исключением, все регрессионные коэффициенты при независимых переменных значимы на уровне вероятности  $P_{0,05}$ , что свидетельствует об их адекватности и воспроизводимости результата.

Путем последовательного табулирования уравнений (4.6), приведенных в табл. 4.2, получены возрастные тренды искомым величин для каждого зонального пояса и в зональных поясах – для индексов континентальности климата в пределах от 55 до 95. Окончательные результаты, полученные в виде таблицы возрастных трендов изменения УдЧПП по зональным поясам и в пределах каждого – в связи с задаваемыми значениями индекса континентальности, приведены в приложении 8.

Из упомянутых таблиц для 3-го зонального пояса и индекса континентальности, равного 75, взяты и представлены в виде графиков возрастные тренды запасов стволовой древесины (рис. 4.6 а) и УдЧПП надземной, подземной и нижнего яруса (рис. 4.5 б, в, г).

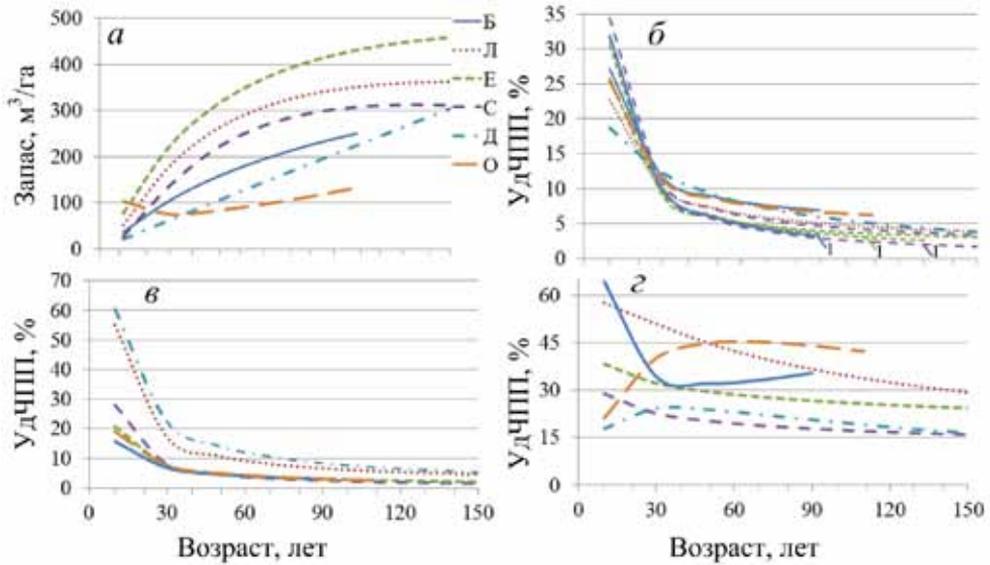


Рис. 4.5. Возрастная динамика расчетных значений запаса стволовой древесины (а) и УдЧПП надземной (б), подземной (в) и нижнего яруса (г). Обозначения древесных пород здесь и далее: *С* – сосна, *Л* – лиственница, *Е* – ель и пихта, *Б* – берёза, *Ос* – осина и тополи и *Д* – дуб. Цифрой 1 отмечены графики возрастной динамики надземной УдЧПП сосняков, ельников и березняков, построенные по данным таблицы Я.И. Гульбе с соавторами (2010).

Наибольшими запасами отличаются елово-пихтарники, далее в порядке убывания следуют лиственничники, сосняки, березняки, дубовые и осино-вые древостои. Показатели надземной УдЧПП на графиках, построенных по нашим материалам и по данным Я.И. Гульбе с соавторами (2010), практически не различаются. УдЧПП корней наибольшая в лиственничниках и дубовых древостоях, а по остальным породам в возрастном диапазоне от 30 до 150 лет все тренды сливаются в один общий. УдЧПП нижнего яруса монотонно снижается с возрастом в лиственничниках, ельниках и сосняках, при этом наибольшими величинами характеризуются лиственничники, за ними в порядке убывания следуют елово-пихтарники и сосняки. Специфичный тренд УдЧПП наблюдается в березняках, осинниках и дубовых древостоях (рис. 4.5 г).

Далее из расчетных возрастных трендов первого звена рекурсивной системы уравнений (4.6) взяты значения запаса стволовой древесины в возрасте 100 лет для хвойных и 50 лет – для березняков и построены графики его зависимости от порядкового номера зонального пояса при индексе континентальности климата территории, равном 75, и от индекса континентальности климата в 3-м зональном поясе (рис. 4.6 а, б).

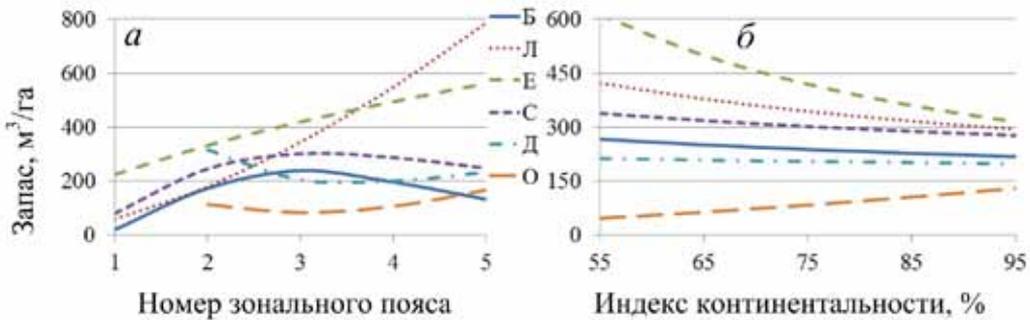


Рис. 4.6. Связь расчётных значений запаса древесины в возрасте 100 лет для хвойных и дубовых древостоев и 50 лет для березняков и осинников с зональной принадлежностью при индексе континентальности 75 (а) и с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (б).

По мере возрастания континентальности климата в пределах южного умеренного зонального пояса происходит снижение расчетных величин запаса древостоев всех пород, наиболее интенсивное в ельниках и незначительное – в сосняках и березняках. Исключение составляют дубовые и осиновые древостои, в которых тренды, напротив, возрастающие. По зональному градиенту наблюдается монотонное нарастание запасов в лиственничниках и елово-пихтарниках и изменение по колоколообразной кривой в сосняках и березняках с максимумом в умеренном зональном поясе и минимумом в дубовых и осиновых древостоях. Снижение древесных запасов сосны и берёзы в субтропическом и суббореальном поясах, возможно, обусловлено вертикальной зональностью: древостои здесь поднимаются в горы до 2-3 тыс. м над уровнем моря.

По аналогии с запасами, из расчетных возрастных трендов второго звена рекурсивной системы (4.6) взяты значения УдЧПП фракций фитомассы в возрасте 100 лет для хвойных и 50 лет – для березняков и построены соответствующие графики (рис. 4.7). Из этих графиков очевидно, что УдЧПП надземной фитомассы (I), корней (II) и нижнего яруса (III) для лесообразующих пород Евразии не имеют каких-либо общих закономерностей как в зональном градиенте, так и в градиенте континентальности.

Таким образом, мы сталкиваемся с существенной неопределенностью при интерпретации динамики УдЧПП разных древесных пород в трансконтинентальных градиентах. Показатель УдЧПП, как было упомянуто выше, представляет важную характеристику функционирования лесных экосистем как количественное выражение скорости обновления органического вещества фитомассы (Базилевич и др., 1986). УдЧПП показывает удельную скорость процесса: как быстро «работает» или «превращается» один грамм вещества (Keeling, Phillips, 2007; Базилевич, Титлянова, 2008). Но может ли

идти названный процесс у разных древесных пород в противоположных направлениях по одному и тому же климатическому градиенту?

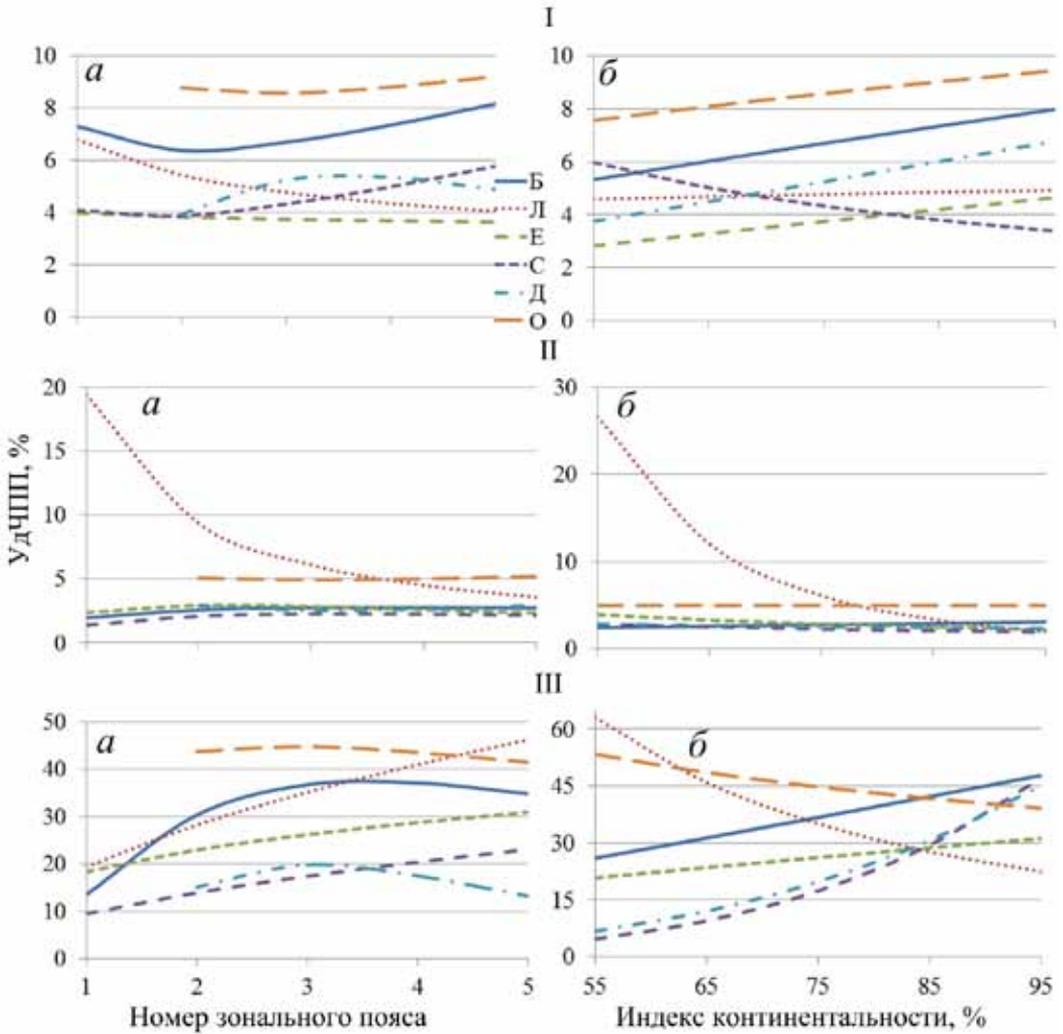


Рис. 4.7. Связь расчётных значений УдЧПП надземной фитомассы (I), корней (II) и нижнего яруса (III) в возрасте насаждений 100 лет для хвойных и дубовых и 50 лет для березняков и осинников с зональной принадлежностью при индексе континентальности 75 (а) и с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (б).

Частично эту неопределенность можно объяснить тем, что анализировались, во-первых, не только чистые, но и смешанные древостои с различным участием пород, и, во-вторых, разные экорегионы были представлены разными родами (например, пихта сибирская – *Abies sibirica* Ldb. и пихта китайская - *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) или разными видами в пределах рода (например, ель европейская в Германии и ель Вильсона

в лесах Китая). Совместный географический анализ разных древесных пород, как уже упоминалось, был вызван невозможностью их расчленения по экорегионам (например, при совместном произрастании ели и пихты в бореальной зоне), а также невозможностью произрастания одной и той же древесной породы на территории всей Евразии (например, пихт европейской, сибирской, китайской), в результате чего ареалы той или иной древесной породы были приурочены к определенным экорегионам.

Действительно ли УдЧПП означает «скорость превращения органического вещества» или, в других терминах, интенсивность круговорота веществ (элементов питания), поскольку рассчитывается как отношение ЧПП к наличной фитомассе без учета ее отпада и опада? Может быть, это определение в большей мере соответствовало бы действительности, если вместо наличного запаса фитомассы в формулу УдЧПП включать производительность фитомассы, т.е. наличную фитомассу плюс весь ее отпад и опад на тот или иной момент времени? Может быть, в данном случае мы наблюдаем два взаимосвязанных «скоростных» процесса, а именно - приходную и расходную составляющие единого процесса круговорота веществ?

Действительно, если потенциальная (предельная) ЧПП и производительность фитомассы (сумма наличной фитомассы и ее отмершей части на данный момент времени), определяемые при прочих равных условиях (например, возраста) тепло- и влагообеспеченностью местообитания, стабильны, а УдЧПП при тех же условиях возрастает, это должно означать, что одна из составляющих производительности фитомассы, а именно наличная фитомасса, включенная в знаменатель формулы УдЧПП, снижается. Это означает также, что вторая составляющая производительности фитомассы, а именно отмершая ее часть (мортмасса), увеличивается, а при условии стабильности лесной экосистемы должна возрастать и скорость ее разложения.

Теоретически в условиях климаксовой экосистемы скорость продуцирования (УдЧПП) и скорость разложения накопленных детритов (Титлянова, Тесаржова, 1991; Мухин, 1987; Германова, 2000; Тарасов, 2002; Сафонов, 2006) взаимно уравниваются. Однако в реальных условиях баланс «входа» и «выхода» в экосистемах разных пород либо «сильно плюсовый», либо «сильно минусовый» (Ведрова, 2005; Бобкова и др., 2006; Пристова, 2006; Базилевич, Титлянова, 2008). Возможно, если в данном климатическом градиенте УдЧПП одной древесной породы в климаксовом состоянии возрастает, а другой породы при тех же условиях снижается, то скорости разложения детрита у соответствующих древесных должны меняться местами, но реально ли такое?

Известны неопределенности и недостатки баз данных о фитомассе и ЧПП лесных насаждений (Usoltsev, 2007). Тем не менее, установлены ста-

статистически значимые закономерности изменения приходной части углеродного цикла по климатическим градиентам на основе математико-статистических методов (Усольцев, 2014б). Но по оценке запасов мортмассы и скорости ее разложения в экосистемах древесных пород информация сегодня настолько мала, что какая-либо статистически значимая географическая закономерность в изменении скорости разложения мортмассы невозможна. Если при оценке ЧПП на глобальном уровне установлены зависимости ее от климатических факторов (Lieth, 1974; Huston, Wolverton, 2009), то при оценке экосистемной продукции (разности между ЧПП и «дыханием» мортмассы) подобные зависимости статистически не значимы (Luuyssaert et al., 2007).

Пока нет возможности совместить и сопоставить закономерность изменения УдЧПП со скоростью разложения детрита. Можно лишь подтвердить или отвергнуть те или иные географические (климатически обусловленные) закономерности изменения УдЧПП на примере других древесных пород, а также по мере пополнения баз данных по анализируемым породам.

### **4.3. Географические закономерности изменения УдЧПП насаждений 5-хвойных сосен (кедров) на территории Азии**

#### *4.3.1. Исследование межвидовых различий в структуре УдЧПП древостоев кедровых сосен*

По аналогии с исследованием межвидовых различий кедровых сосен по фитомассе и ЧПП, рассмотрим наличие или отсутствие их различий по УдЧПП. Для этого в регрессионные уравнения включена бинарная переменная  $X$  (Дрейпер, Смит, 1973), посредством которой кодируется видовая принадлежность насаждений пробных площадей:  $X$  принята равной 0 для кедра сибирского и равной 1 - для кедра корейского. Принята структура уравнений для УдЧПП:

$$\ln M = f(\ln A, X) \rightarrow \ln(RZi) = f(\ln A, \ln M, X). \quad (4.7)$$

Первое звено регрессионной системы (4.7) представлено ранее рассчитанным уравнением (3.11). Обозначения переменных в (4.7) аналогично уравнениям системы (3.10) в главе 3.

Расчет констант второго звена регрессионной системы (4.7) для УдЧПП ( $RZi$ ) показал, что запас древостоя  $M$  статистически не значим ни для одной фракции фитомассы:  $t_{\text{факт}}$  составил для стволов 0,19; для ветвей 0,29; для хвой 1,05; для нижнего яруса 1,02; для корней 0,27; для надземной фитомас-

сы 1,23 и для общей фитомассы 1,18, что во всех случаях ниже табличного значения  $t_{05} = 2,0$ .

Результаты расчета уравнений системы (4.7) для УдЧПП сведены в табл. 4.3. Путем табулирования названных уравнений составлена таблица возрастной динамики УдЧПП кедров сибирского и корейского (табл. 4.4).

Таблица 4.3

Характеристика уравнений (4.7) для УдЧПП кедровников

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (4.7)			$R^2$	SE
	$a_0$	$a_1 (\ln A)$	$a_3 X$		
$\ln(RZ_S)$	-0,4392	-0,8209	0,8092	0,965	0,14
$\ln(RZ_F)$	-3,3214	0,3919	0,6810	0,875	0,15
$\ln(RZ_B)$	0,6763	-0,8881	0,0206	0,939	0,17
$\ln(RZ_R)$	0,6770	-0,8494	-0,1870	0,974	0,13
$\ln(RZ_U)$	-0,1444	0,0024	-0,7058	0,999	0,004
$\ln(RZ_A)$	-0,5593	-0,5731	0,4513	0,703	0,33
$\ln(RZ_T)$	-0,7025	-0,6091	0,6050	0,982	0,08

Таблица 4.4

Таблица возрастной динамики УдЧПП (%) кедров сибирского и корейского

Возраст, лет	Запас, м <sup>3</sup> /га	Кедр сибирский						Запас, м <sup>3</sup> /га	Кедр корейский					
		$RZ_S$	$RZ_F$	$RZ_B$	$RZ_R$	$RZ_A$	$RZ_T$		$RZ_S$	$RZ_F$	$RZ_B$	$RZ_R$	$RZ_A$	$RZ_T$
20	129	5,51	11,7	13,7	15,4	10,3	7,99	107	12,4	23,1	14,0	12,8	16,1	14,6
40	243	3,12	15,3	7,43	8,57	6,90	5,24	202	7,01	30,3	7,58	7,11	10,8	9,59
60	324	2,24	18,0	5,18	6,08	5,47	4,09	269	5,02	35,5	5,29	5,04	8,59	7,49
80	382	1,77	20,1	4,01	4,76	4,64	3,43	317	3,97	39,7	4,10	3,95	7,29	6,29
100	424	1,47	21,9	3,29	3,94	4,08	3,00	353	3,30	43,4	3,36	3,27	6,41	5,49
120	456	1,27	23,6	2,80	3,37	3,68	2,68	379	2,84	46,6	2,86	2,80	5,77	4,91
140	480	1,12	25,0	2,44	2,96	3,37	2,44	399	2,51	49,5	2,49	2,45	5,29	4,47
160	498	1,00	26,4	2,17	2,64	3,12	2,25	414	2,25	52,1	2,21	2,19	4,90	4,12
180	512	0,91	27,6	1,95	2,39	2,91	2,10	425	2,04	54,6	1,99	1,98	4,58	3,84
200	522	0,83	28,8	1,78	2,19	2,74	1,96	434	1,87	56,9	1,82	1,81	4,31	3,60
220	529	0,77	29,9	1,63	2,02	2,60	1,85	440	1,73	59,1	1,67	1,67	4,08	3,40
240	534	0,72	30,9	1,51	1,87	2,47	1,76	444	1,61	61,1	1,54	1,55	3,88	3,22

Судя по данным табл. 4.4, УдЧПП кедра корейского превышает такую кедра сибирского в еще большей степени, чем ЧПП (см. табл. 3.4 в главе 3), а именно, по стволам, хвое, надземной и общей УдЧПП превы-

шает соответственно в 2,2; 2,0; 1,4 и 1,8 раза. Это означает, что скорость обновления органического вещества в фитомассе и, следовательно, интенсивность круговорота веществ, у кедр корейского значительно выше по сравнению с кедром сибирским.

### 4.3.2. Изменение УдЧПП кедровников по экорегионам Азии

Для регионального анализа УдЧПП кедровников принята структура уравнения, отличающаяся от (4.6 и 4.7):

$$\ln(RZ_i) = f(X_0, \dots, X_3, \ln A, \ln N, \ln M). \quad (4.8)$$

В качестве независимых переменных, объясняющих изменчивость УдЧПП разных экорегионов, в (4.8) включены три массобразующих показателя древостоев, т.е. возраст, густота и запас древесины. Расчет уравнений установлено, что запас древостоев статистически не значим ни по одной из фракций УдЧПП, и  $t_{\text{факт}}$  варьирует от 0,19 до 1,23, что значительно меньше табличного  $t_{05} = 2,0$ . Густота древостоев оказалась статистически значимой лишь для УдЧПП хвои и ветвей ( $t_{\text{факт}} = 2,3 \div 2,5 > t_{05} = 2,0$ ), лишь немного превышая табличное значение, а для УдЧПП ствола, корней и надземной фитомассы густота статистически не значима ( $t_{\text{факт}} = 0,8 \div 1,8 < t_{05} = 2,0$ ). На этом основании мы исключили переменные  $\ln N$  и  $\ln M$  из (4.8), и расчет выполнен согласно упрощенной структуре уравнения:

$$\ln(RZ_i) = f(X_0, \dots, X_3, \ln A), \quad (4.9)$$

характеристика которого дана в табл. 4.5. Путем табулирования уравнений (4.9) по задаваемым значениям возраста древостоев составлена таблица возрастной динамики УдЧПП кедров сибирского и корейского по четырем экорегионам (табл. 4.6).

По данным табл. 4.6 можно сделать вывод, что на всем исследованном возрастном интервале от 20 до 220 лет происходит снижение общей УдЧПП и УдЧПП составляющих фракций в древостоях кедр сибирского и корейского. По экорегионам наблюдается последовательное увеличение УдЧПП в направлении от средней тайги Урала (2,9%) к южной тайге Западной Сибири (3,1%) (кедр сибирский) и далее – к южной тайге (5,4%) и затем к хвойно-широколиственным лесам (5,8%) Китая (кедр корейский). Таким образом, в направлении от Урала до Китая происходит удвоение УдЧПП кедровников (рис. 4.8).

## Электронный архив УГЛТУ

По фракционному составу наибольшая скорость обновления органического вещества в фитомассе и, следовательно, интенсивность круговорота веществ, у кедрового сибирского в возрасте 100 лет свойственна хвое (21,5-22,1%), существенно ниже (3,0-4,3%) по ветвям и корням и наименьшая – по стволам (1,5-1,8%). Аналогичные показатели у кедрового корейского составляют соответственно 27,4-47,7%; 3,2-3,5% и 3,3-3,4%.

Таблица 4.5

Характеристика уравнений (4.9) для УдЧПП кедровников

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (4.9)					$R^2$	SE
	$a_0$	$a_1 (\ln A)$	$a_2 X_1$	$a_3 X_2$	$a_4 X_3$		
$\ln(RZ_S)$	-0,2245	-0,8704	0,1919	0,8531	0,8211	0,963	0,16
$\ln(RZ_F)$	-2,2397	0,1585	-0,0270	0,2145	0,7693	0,780	0,18
$\ln(RZ_B)$	0,7319	-0,8988	-0,0951	0,0427	-0,0351	0,941	0,18
$\ln(RZ_R)$	0,9273	-0,8844	-0,1535	-0,2597	-0,2605	0,967	0,17
$\ln(RZ_A)$	-0,6077	-0,5579	-0,3240	0,4159	0,4497	0,711	0,34
$\ln(RZ_T)$	-0,8124	-0,5930	0,0603	0,6286	0,6932	0,963	0,12

Таблица 4.6

Расчетные возрастные тренды УдЧПП кедровников  
(по материалам базы данных)

Возраст, лет	УдЧПП, %					
	$RZ_S$	$RZ_F$	$RZ_B$	$RZ_A$	$RZ_R$	$RZ_T$
<b>Уральская провинция, средняя тайга</b>						
20	5,89	17,12	14,08	10,24	17,87	7,51
40	3,22	19,11	7,55	6,95	9,68	4,98
60	2,26	20,38	5,24	5,55	6,76	3,91
80	1,76	21,33	4,05	4,72	5,24	3,30
100	1,45	22,10	3,31	4,17	4,30	2,89
120	1,24	22,74	2,81	3,77	3,66	2,60
140	1,08	23,31	2,45	3,46	3,20	2,37
160	0,96	23,80	2,17	3,21	2,84	2,19
180	0,87	24,25	1,95	3,01	2,56	2,04
200	0,79	24,66	1,78	2,83	2,33	1,92
220	0,73	25,04	1,63	2,69	2,14	1,81

<b>Западносибирская равнинная провинция, южная тайга</b>						
20	7,14	16,66	12,80	7,40	15,33	7,98
40	3,90	18,60	6,86	5,03	8,30	5,29
60	2,74	19,83	4,77	4,01	5,80	4,16
80	2,13	20,76	3,68	3,42	4,50	3,51
100	1,76	21,51	3,01	3,02	3,69	3,07
120	1,50	22,14	2,56	2,73	3,14	2,76
140	1,31	22,69	2,23	2,50	2,74	2,52
160	1,17	23,17	1,97	2,32	2,44	2,32
180	1,05	23,61	1,78	2,17	2,20	2,17
200	0,96	24,00	1,62	2,05	2,00	2,04
220	0,89	24,37	1,48	1,94	1,84	1,92
<b>Северо-Восточный Китай, южная тайга</b>						
20	13,82	21,22	14,69	15,52	13,78	14,08
40	7,56	23,68	7,88	10,54	7,47	9,33
60	5,31	25,25	5,47	8,41	5,22	7,34
80	4,14	26,43	4,23	7,16	4,04	6,19
100	3,41	27,38	3,46	6,32	3,32	5,42
120	2,91	28,18	2,94	5,71	2,83	4,87
140	2,54	28,88	2,56	5,24	2,47	4,44
160	2,26	29,50	2,27	4,86	2,19	4,10
180	2,04	30,06	2,04	4,55	1,97	3,83
200	1,86	30,56	1,85	4,29	1,80	3,59
220	1,71	31,03	1,70	4,07	1,65	3,40
<b>Северо-Восточный Китай, хвойно-широколиственные леса</b>						
20	13,39	36,95	13,59	16,05	13,77	15,02
40	7,32	41,24	7,29	10,90	7,46	9,96
60	5,15	43,98	5,06	8,70	5,21	7,83
80	4,01	46,03	3,91	7,41	4,04	6,60
100	3,30	47,69	3,20	6,54	3,32	5,78
120	2,81	49,09	2,72	5,91	2,82	5,19
140	2,46	50,30	2,36	5,42	2,46	4,74
160	2,19	51,38	2,10	5,03	2,19	4,38
180	1,98	52,34	1,89	4,71	1,97	4,08
200	1,80	53,23	1,72	4,44	1,80	3,83
220	1,66	54,04	1,57	4,21	1,65	3,62

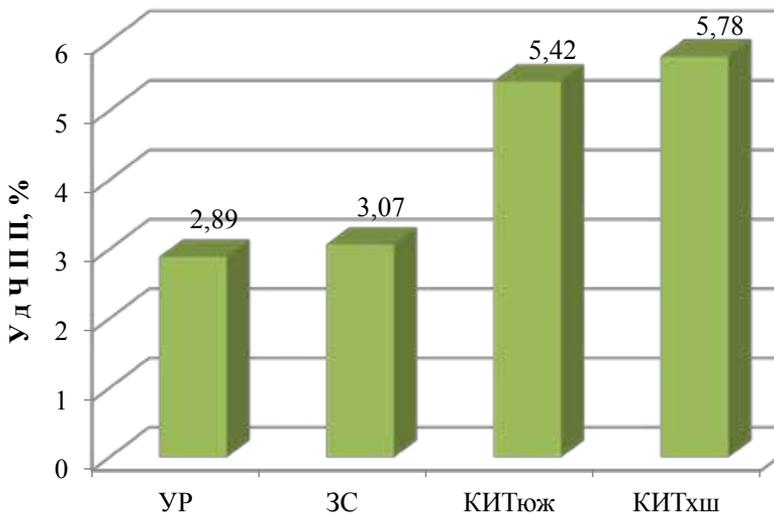


Рис. 4.8. Региональное изменение общей (надземной и подземной) УдЧПП кедровников в возрасте 100 лет. Обозначения см. в тексте (табл. 4.6).

### 4.3.3. УдЧПП насаждений кедрового стланика

В имеющихся публикациях по кедровостланикам (*Pinus pumila*) оценивалась чаще только фитомасса и редко – фитомасса и ЧПП. Как было отмечено, есть лишь два исследования ЧПП и фитомассы в кедровостланиках (см. табл. 3.8): одно в России Т.М. Панченко (1985) и одно в Японии (Kajimoto et al., 1996). УдЧПП хвои и общая в кедровостланиках Японии превышают таковые на плакорах Колымы в 1,6 раза. При одинаковом возрасте кедровостлаников под пологом лиственницы на Колыме и на верхней границе леса в Японии общая УдЧПП кедровостлаников Японии превышает таковую кедровостлаников под пологом лиственницы на Колыме в 18 раз.

Имеющиеся данные о структуре фитомассы, ЧПП и УдЧПП кедровых сосен позволяют выявить некоторые межвидовые соотношения названных показателей. Эти соотношения не являются инвариантными и видоспецифичны в зависимости от рассматриваемого показателя. В частности, в 100-летнем возрасте общая ЧПП насаждений кедров сибирского и корейского больше, чем кедровостлаников на Колыме в 1,3-1,7 раза. По показателю УдЧПП закономерность меняется на противоположную: в 100-летнем возрасте УдЧПП по общей фитомассе в кедровостланике на Колыме в 3,5 раза превышает аналогичный показатель у кедров сибирского и вдвое –

у кедра корейского. В 200-летнем возрасте превышение по ЧПП древостоев кедра сибирского и корейского над кедровостланиками на Колыме примерно 2-кратное, а по УдЧПП закономерность меняется на противоположную: превышение вторых над первыми по данному показателю варьирует от 2- до 3-кратного.

Общая ЧПП кедров сибирского и корейского в 40-летнем возрасте выше по сравнению с кедровостланиками Японии соответственно в 1,6 и 2,0 раза, но по общей УдЧПП, напротив, вторые превышают первые соответственно в 2,5 и 1,4 раза.

В кедровостланиковом 35-54-летнем подлеске, подверженном угнетению со стороны верхнего полога лиственницы, УдЧПП кедровостлаников составляет в среднем лишь 0,74% (с отклонениями от 0,6 до 0,9%), что в 7 раз ниже по сравнению с аналогичным показателем кедра сибирского и в 13 раз ниже, чем у кедра корейского в том же возрасте.

### Заключение по главе 4.

Таким образом, на основе сформированной базы данных ЧПП и фитомассы сосняков, лиственничников, елово-пихтарников, березняков, дубняков и насаждений *Populus* на территории от Великобритании до Японии и юга Китая установлены статистически значимые трансконтинентальные изменения УдЧПП надземной, подземной и нижнего яруса. Однако между древесными породами обнаружены существенные расхождения в полученных закономерностях, которым пока нет возможности дать приемлемое объяснение. По кедровым соснам, данные об УдЧПП которых представлены лишь для территории Азии и в недостаточном количестве, приведенные результаты имеют предварительный характер.

Если закономерности изменения ЧПП по зональному (сумма эффективных температур) и меридиональному (индекс континентальности климата) градиентам исследованы для некоторых древесных пород Евразии (Usoltsev et al., 2002), то для УдЧПП подобные закономерности неизвестны. Необходимы дальнейшие исследования.

Информация о величине УдЧПП в насаждениях разного породного состава и морфоструктуры имеет не только научное, но и прикладное значение: зная величины УдЧПП и фитомассы, можно не на пробных площадях, а расчетным путем, получить значения ЧПП насаждения.

## ГЛАВА 5. ПРОДУКТИВНОСТЬ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА (ПАА) ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЕВРАЗИИ

### 5.1. Общие замечания

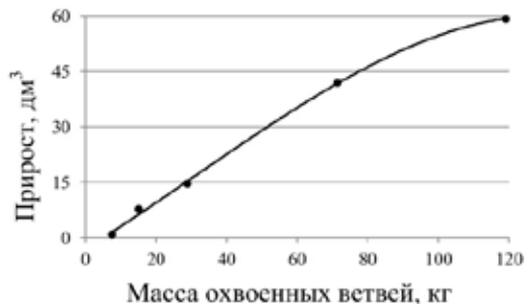
#### 5.1.1. Взаимосвязь годичной продукции фитомассы с массой и поверхностью ассимиляционного аппарата

В главе 3 отмечалась взаимообусловленность связи фитомассы и ЧПП чисто теоретическими предпосылками: фитомасса является непосредственной функцией годичной продукции, и оба показателя лимитируются одними и теми же экологическими факторами, такими как температура, обеспеченность влагой и элементами питания (Keeling, Phillips, 2007).

Аналогичная взаимообусловленность имеет место также между массой (поверхностью) ассимиляционного аппарата и годичной продукцией фитомассы дерева или древостоя. По-видимому, первым исследователем названного соотношения был Эрнст Эбермайер в Германии. В древостоях бука в возрасте от 30 до 120 лет им определены годовые приросты деревьев (стволов, корней и ветвей) в абсолютно сухом состоянии (в среднем 3,16 т/га) и масса листвы в абсолютно сухом состоянии, полученная путем учета листового опада (в среднем 3,33 т/га) и показана их взаимосвязь (Ebermayer, 1876. С. 67).

Затем Роберт Гартиг (Hartig, 1896) установил в 52-летнем еловом древостое пропорциональную зависимость годового прироста объема ствола от массы свежих охвоенных ветвей у деревьев всех классов Крафта (с I по V) (рис. 5.1)

Рис. 5.1. Зависимость годового прироста объема ствола от массы свежих охвоенных ветвей в 52-летнем ельнике Германии. Построена автором по фактическим данным Р. Гартига (Hartig, 1896).



Позднее Ларс Тирен (Tirén, 1927) на примере 105-летних деревьев сосны обыкновенной и Ганс Бургер (Burger, 1929) на примере 21-70-летних деревьев сосны Веймутовой подтвердили наличие тесной взаимосвязи годичной продукции фитомассы с массой и поверхностью ассимиляционного аппарата (рис. 5.2 и 5.3). Аналогичные результаты были получены на примере деревьев ели В. Буссе (Busse, 1930) (рис. 5.4), деревьев лиственницы А.С. Яблоковым (1934б) (рис. 5.5), деревьев дуба Н.Ф. Поляковой-Минченко (1961), четырёх древесных пород Японии

Й. Тадаки (Tadaki, 1966) (рис. 5.6), 76 деревьев в 10-летних плантациях сосны замечательной разной интенсивности и разных способов прореживаний на юге Африки (van Laar, 1976) (рис. 5.7) и др.

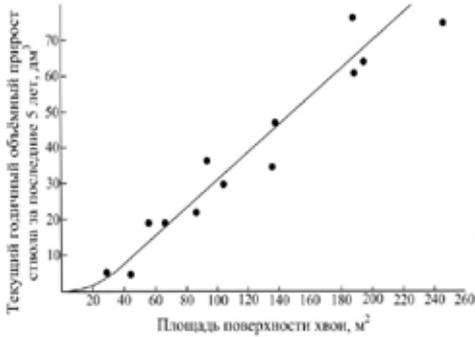


Рис. 5.2. Зависимость текущего годичного объёмного прироста стволов 105-летней сосны обыкновенной от площади поверхности хвои (Tirén, 1927).

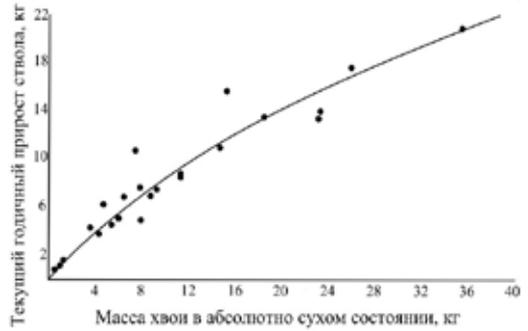


Рис. 5.3. Зависимость текущего годичного прироста стволов деревьев сосны Веймутовой в возрасте от 21 до 70 лет от массы хвои в абсолютно сухом состоянии (Burger, 1929).

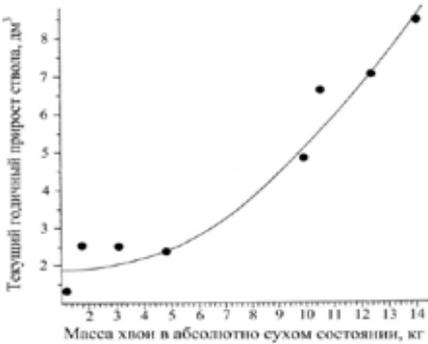


Рис. 5.4. Зависимость текущего годичного прироста стволов 47-летних деревьев ели европейской разных классов роста от массы их хвои (Busse, 1930).

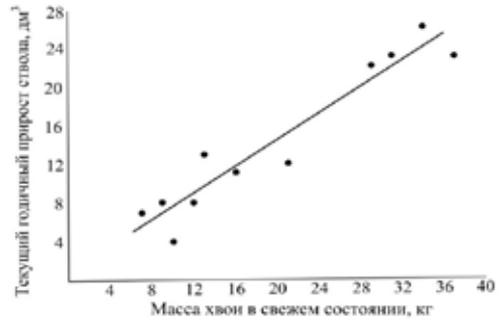


Рис. 5.5. Зависимость текущего годичного прироста стволов 190-летних деревьев лиственницы Сукачёва на европейском Севере России от массы хвои (Яблоков, 1934б).

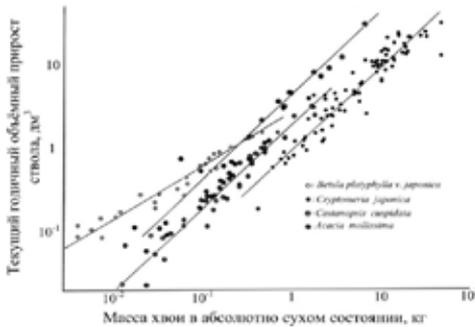


Рис. 5.6. Зависимость текущего годичного объёмного прироста стволов деревьев четырёх пород Японии от массы листвы в абсолютно сухом состоянии в лог-лог-координатах (Tadaki, 1966).

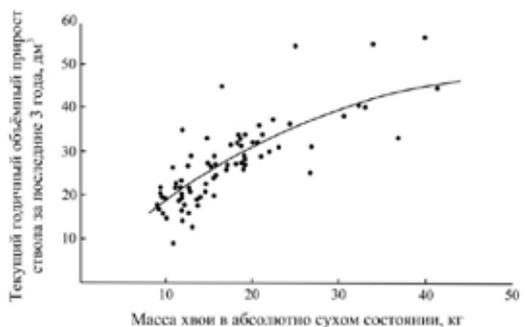


Рис. 5.7. Зависимость текущего объёмного прироста стволов деревьев в 10-летних плантациях сосны замечательной разной интенсивности и разных способов прореживаний на юге Африки от массы хвои (van Laar, 1976).

А.С. Яблоков (1934а) для лиственниц в возрасте от 36 до 190 лет нескольких регионов европейской части России и Урала установил наличие линейной связи между массой хвои и текущим приростом ствола с коэффициентом корреляции от 0,780 до 0,970, А.Г. Зыряев (1964) для 25-летних лиственничных культур в Тверской области – 0,990, Г.Ф. Витман и Р. Харланд (Weetman, Harland, 1964) для 65-летних деревьев ели чёрной в Канаде – 0,930, а М. Каджихара (Kajihara, 1982) для лиственницы японской разного возраста – 0,952, для криптомерии японской – 0,930 и для кипарисовика туполистного – 0,933. К.Г. Керном для ели европейской и пихты белой в возрасте от 58 до 200 лет установлены аллометрические зависимости объемного прироста ствола от массы хвои в абсолютно сухом состоянии, характеризующиеся корреляционными коэффициентами 0,96-0,99 (Kern, 1962)

Линейную взаимосвязь между площадью поверхности листвы и годичным приростом сухой массы ствола у 12-летних деревьев ясеня разных классов роста показал П. Бойсен-Енсен (Boysen Jensen, 1932), между массой хвои и годичным приростом объема ствола у 160-летних сосен - Альфред Денглер (Dengler, 1937), у сосны обыкновенной, сосны Банкса и дугласии – Дж. Киттредж (Kittredge, 1944), между массой листвы и объемным приростом ствола у дубов в возрасте 25, 40 и 60 лет – Н.Ф. Полякова (1957) и у 18-летних дубов – А.А. Молчанов (1971), между массой листвы и объемным приростом ствола в 16 древостоях сосны обыкновенной – А. Альбректсон (Albrektson, 1980), между массой хвои и годичным приростом массы ствола у 40-110-летних елей – К. Ванзелов (Vanselow, 1951) и у 93-летних елей – Б. Винс и А. Сика (Vinš, Šika, 1981).

Автором был выполнен обзор литературы по взаимосвязи названных показателей у разных древесных пород в разных странах (Усольцев, 1997). Показано, что масса хвои (листвы) дерева связана не только с годичным приростом ствола, но одновременно - с возрастом, высотой дерева и диаметром его ствола (Полякова, 1954; Albrektson, 1980; Усольцев, 1988, 1997).

Первые исследования аналогичных связей на уровне древостоя выполнялись путем измерения массы листового опада, собираемого с единицы площади, и сопряжения его с годичным приростом древесины на той же площади (Ebermaier, 1876; Mork, 1944). В последующих исследованиях обычно использовался «деструктивный» метод срубаемых модельных деревьев. При этом, если требовалось определить лишь массу ассимиляционного аппарата, использовался «недеструктивный» метод: крону растущего дерева обертывали пластиковой или хлопчатобумажной сеткой и по окончании сезона взвешивали «улов» (Miyaura, Hozumi, 1988; Le Goff, Ottorini, 1996; Усольцев, 2007).

В результате многочисленных исследований показана связь годичного прироста фитомассы с листовой поверхностью или индексом листовой поверхности (LAI) на уровне древостоя (рис. 5.8-5.15). В 1947 году

К.М. Мёллер сделал обобщающее заключение: «Судя по имеющейся литературе, эти соотношения далеко не однозначны. В любом случае, очевидно, что простое соотношение между листвой и приростом, предполагаемое некоторыми исследователями и многими лесоводами, не существует, даже в случае отдельного одновидового древостоя» (Möller, 1947. С. 394). Причина состоит в том, что не учитываются многие определяющие это соотношение факторы: возраст, добротность местопроизрастания, густота, давность про-реживания, опад и отпад фракций фитомассы.

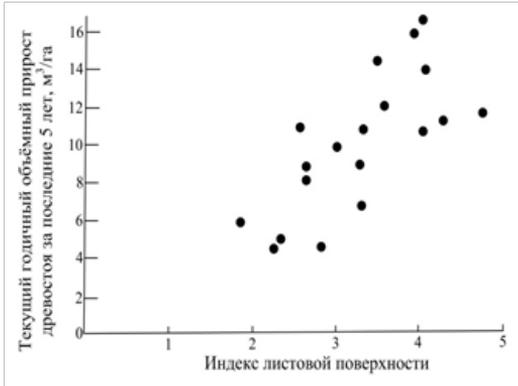


Рис. 5.8. Зависимость текущего годового объёмного прироста древостоя тополя жёлтого за последние 5 лет (США) от индекса листовой поверхности (Madgwick, Olson, 1974).

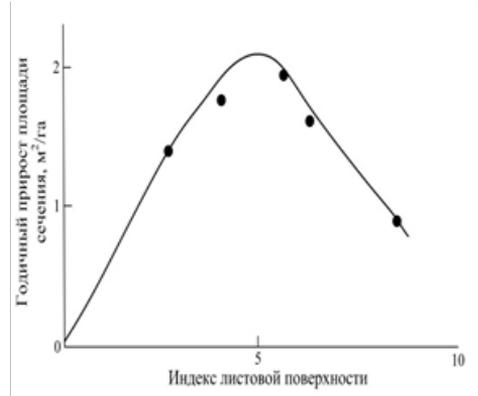


Рис. 5.9. Колоколообразная зависимость годового прироста площади сечения от одностороннего индекса LAI в перегущенных хвойных насаждениях (Waring, 1980).

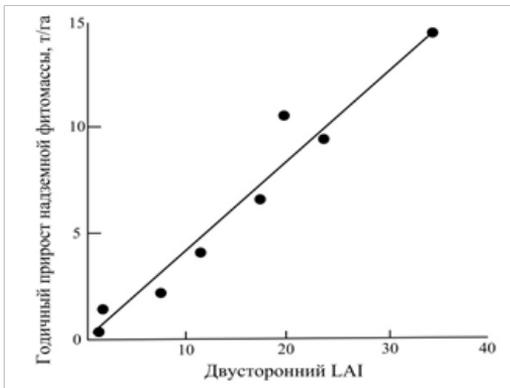


Рис. 5.10. Зависимость годового прироста надземной фитомассы от двустороннего LAI для разных типов древесной растительности по высотному градиенту в Каскадных горах США (Gholz, 1982).

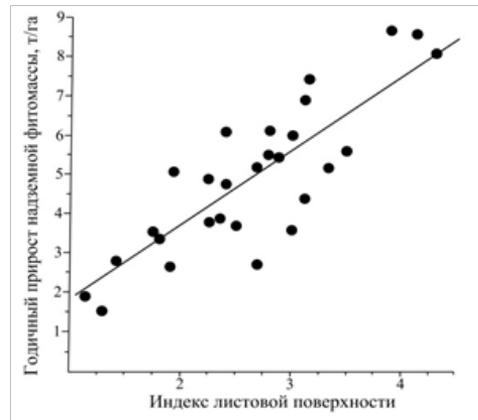


Рис. 5.11. Зависимость годового прироста надземной фитомассы от LAI в 30-летних древостоях сосны Банкса (Канада) (Magnussen et al., 1986).

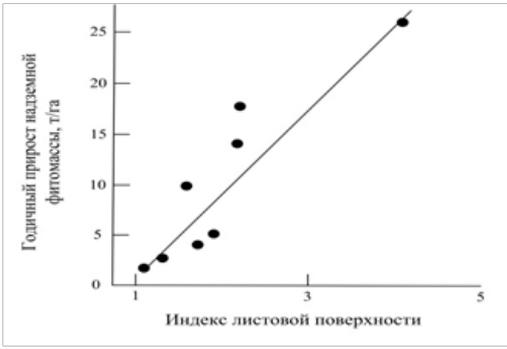


Рис. 5.12. Зависимость годового прироста надземной фитомассы в 1-2-летних плантациях *Eucalyptus globulus* от LAI при разных вариантах удобрения и ирригации в Португалии (Pereira et al., 1989).

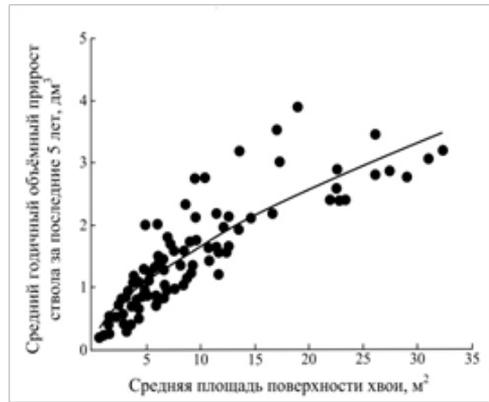


Рис. 5.13. Зависимость среднего годового объёмного прироста ствола в древостоях *Pinus contorta* в США от средней площади поверхности хвои (Long, Smith, 1992).

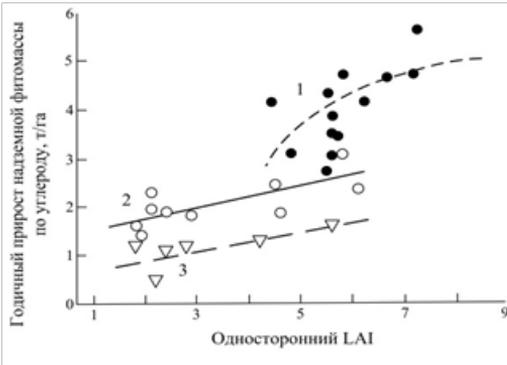


Рис. 5.14. Зависимость годового прироста надземной фитомассы по углероду в листопадных (1), хвойных (2) древостоях умеренной зоны США (Fassnacht, Gower, 1997) и хвойных (3) бореальной зоны Канады (Gower et al., 1997) от одностороннего LAI.

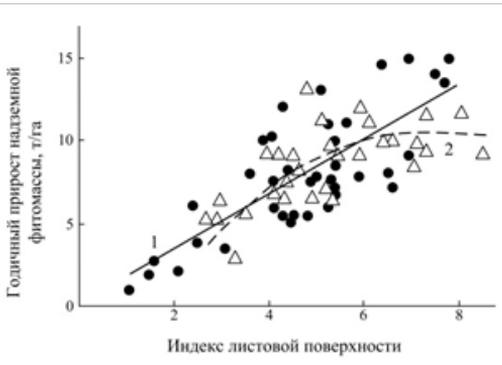


Рис. 5.15. Зависимость годового прироста надземной фитомассы от LAI (1), полученная для насаждений умеренной зоны Северной Америки (треугольники) и по совокупности всех данных для Европы и Японии (кружки) (Bolstad et al., 2001). Отмеченные треугольниками данные отклоняются от среднего глобального тренда при LAI > 8 и связь прироста с LAI в этом случае скорее колоколообразная (2), нежели линейная.

В общем случае способность растительных сообществ аккумулировать органическое вещество зависит от степени перехвата солнечной энергии лесным пологом. Линейный характер связи прироста фитомассы с LAI соответствует условиям неполного перехвата солнечной энергии древесным пологом (рис. 5.8, 5.10, 5.11, 5.12) и по мере приближения уровня названного перехвата к 100%-му характер зависимости меняется с линейного на асимптотический либо колоколообразный (Loomis, Williams, 1963). Это подтверждается примерами, показанными на рис. 5.9, 5.13, 5.14(1) и 5.15(2).

П. Джервис (Jarvis, 1985), исходя из предположения, что линейность соотношения NPP и перехваченной солнечной радиации не может соблюдаться при дальнейшем увеличении обеих переменных, вывел теоретические зависимости потенциальной продуктивности насаждений от LAI для двух вариантов характера распределения листвы в пологе (рис. 5.16). Если величина LAI достаточна для перехвата 95 % доступной радиации, то дальнейшее увеличение LAI уже не оказывает заметного влияния на продуктивность, и любой прирост листвы в верхней части полога повлечет за собой неизбежное отмирание листвы в нижней части вследствие отсутствия там солнечной радиации. При случайном распределении листвы в пологе 95%-ный перехват солнечной радиации обеспечивается при LAI = 6, а при групповом - при LAI > 10 (см. рис. 5.16).

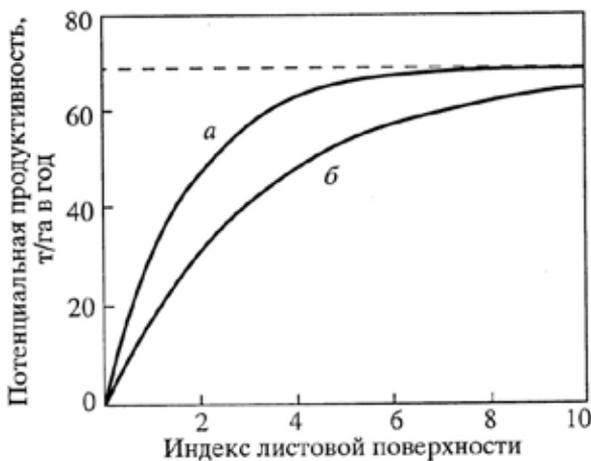


Рис. 5.16. Теоретическая зависимость годичного потенциального прироста фитомассы насаждений от LAI при случайном (а) и групповом (б) распределении листвы в пологе. Пунктиром показана линия продуктивности, соответствующая полному перехвату солнечной энергии (Jarvis, 1985).

Физиологическая интерпретация изложенного материала позволила сделать вывод (Jarvis, Leverenz, 1983), что первичная продукция и фитомасса листвы пропорционально приближаются к некоторым пределам. Эту пропорциональность можно выразить в терминах ежегодно поглощаемой листвой ФАР, эффективности фотосинтеза и количества ассимилятов, депонируемых в надземной фитомассе. По М. Кэннелу (Cannell, 1988, 1989), эта «энергетическая цепочка» завершается блоком опада и отпада.

## 5.1.2. Обзор результатов определения продуктивности ассимиляционного аппарата деревьев и древостоев

Как уже упоминалось выше, продуктивность ассимиляционного аппарата (ПАА) (foliage efficiency), определяемая величиной ЧПП, приходящейся на единицу массы ассимиляционного аппарата, является важной характеристикой продукционного процесса (как и ЧПП и УдЧПП). У истоков подобных исследований находились французский биолог А.Л. Дюамель дю Монсо (1700-1782) (Duhamel du Monceau, 1758), русский ботаник, академик Н.И.

Железнов (1816-1877) (Geleznoff, 1875) и немецкий ученые Э. Эбермайер (Ebermayer, 1876) и Е. Кунклер (Councler, 1886).

В 1920-1950-е годы огромный объём исследований ПАА по основным лесобразующим породам Европы провёл швейцарский учёный Ганс Бургер (Burger, 1929, 1935, 1937, 1939*a,b*, 1940, 1941, 1942, 1945, 1947, 1948, 1950, 1951*a,b*, 1952, 1953). Позднее изучение ПАА продолжили А. Раттер (Rutter, 1957), В. Форрест и Дж. Овингтон (Forrest, Ovington, 1970), Т. Сато (Satoo, 1970), Т. Фудзимори (Fujimori, 1971), Е. Форд (Ford, 1982), Х. Брикс (Brix, 1982), М. Кэннел с соавторами (Cannell et al., 1983), П. Каллио (Kallio, 1984), Е. Брёмс и Б. Аксельсон (Bröms, Axelsson, 1985), Йонас Сидаравичюс (1985), а в России – А.С. Яблоков (1934*a,b*), А.А. Молчанов (1952), Н.Ф. Полякова (1954), М.Я. Оскретков (1956), А.Г. Зыряев (1964), С.Н. Санников (1965), А.А. Иванчиков (1974), А.П. Андрущенко (1976), Е.Г. Чагина (1976), Н.И. Казимиров с соавторами (1977), Л.С. Пшеничникова (1978), В.Н. Габеев (1990), Н. Ле-Гоф и Дж. Отторини (Le Goff, Ottorini, 1996), В.А. Усольцев (1998), Усольцев и др. (2012) и др.

По-видимому, первым исследователем ПАА был Эрнст Эбермайер в Германии. В древостоях бука в возрасте от 30 до 120 лет им определен названный показатель (как отношение прироста запаса древостоя, включая корни и ветви, к массе листвы, полученной путем учета листового опада) в диапазоне от 0,81 до 1,06 (Ebermayer, 1876. С. 67). Первым исследователем, установившим зависимость ПАА от положения дерева в пологе древостоя, по-видимому, был Р. Гартиг (Hartig, 1896): для 52-летнего ельника он показал, что при изменении положения дерева в пологе древостоя от I к V классу Крафта ПАА (здесь: отношение прироста стволовой древесины к свежей массе охвоенных ветвей,  $\text{дм}^3/\text{кг}$ ) снижается с 0,50 до 0,099. Аналогичная закономерность установлена при исследовании ПАА (как отношения годичного прироста ствола к абсолютно сухой массе ассимиляционного аппарата) в 16-летнем смешанном древостое разнотравно-брусничного типа леса: в диапазоне диаметра стволов от 7 до 1 см ПАА снижается у сосны с 0,66 до 0,34, у берёзы с 1,03 до 0,43 и у осины с 0,96 до 0,52  $\text{дм}^3/\text{кг}$ . В среднем у лиственных ПАА примерно в 1,5 раза выше, чем у сосны (Пшеничникова, 1978).

Несколько иную закономерность установил в сосняках Среднего Урала III-V классов возраста З.Я. Нагимов (1987): ПАА (отношение годичного прироста ствола к свежей массе хвои,  $\text{дм}^3/\text{кг}$ ) у деревьев I класса Крафта составляет 0,54-0,82, несколько повышается у деревьев II класса – 0,58-0,88 и затем снижается до 0,31-0,53  $\text{дм}^3/\text{кг}$  у деревьев V класса Крафта.

Противоположную закономерность выявил А.А. Молчанов (1971), исследуя ПАА (как отношение прироста ствола к массе листвы в свежем состоянии) в сомкнутом 18-летнем древостое дуба: в диапазоне диаметра стволов от 9 до 2 см ПАА увеличивается от 9,2 до 12,4  $\text{дм}^3/\text{кг}$ .

В возрастном диапазоне от 20 до 180 лет в средней тайге Карелии по данным Н.И. Казиминова с соавторами (1977) величина ПАА (отношение годовичного прироста стволов в абсолютно сухом состоянии к массе сухой хвои, кг/кг) изменяется по колоколообразной кривой: с 20 до 50 лет в сосняке брусничном она возрастает с 0,46 до 0,64 и затем к возрасту 180 лет снижается до 0,19, а в сосняке черничном соответственно возрастает с 0,48 до 0,67 и затем снижается до 0,36.

В южной тайге Западной Сибири названный показатель в сосняке брусничном с 20 до 50 лет возрастает с 0,65 до 0,87, а затем к возрасту 140 лет снижается до 0,18; соответственно в сосняке разнотравном - возрастание с 20 до 50 лет с 0,67 до 0,96 и затем к возрасту 70 лет снижение до 0,66 (Габеев, 1990). В лесостепи Западной Сибири в сосняке брусничном тот же показатель в возрасте с 20 до 60 лет увеличивается с 0,60 до 0,71 и затем следует снижение к возрасту 120 лет до 0,15; в сосняке разнотравном в диапазоне 20-40 лет - увеличение с 0,70 до 0,85 с последующим снижением к возрасту 140 лет до 0,14 (Габеев, 1990). В сосняках Швеции (Albrektson, Valinger, 1985) в возрастном диапазоне от 20 до 90 лет максимум аналогичного показателя ПАА (0,76) приходится на возраст 40 лет и уменьшается как при снижении возраста до 20 лет (0,47), так и при его увеличении до 90 лет (0,65). В приведённых примерах очевидна сопряженность возрастной динамики ПАА с динамикой годовичного прироста фитомассы (ЧПП) и, возможно, с напряженностью конкурентных отношений в древостоях.

В Среднем Приангарье в 70-95-летних сосняках тот же показатель варьирует в пределах от 0,75 до 1,2, т.е. его величина выше по сравнению с сосняками Карелии и Западной Сибири того же возраста (Кулагина, 1978).

На крайнем Севере Западной Сибири в 45-летнем лиственничнике на плакорах названный показатель равен 0,92, а в том же возрасте в пойме р. Пур - 2,23; в 100-летних лиственничниках на плакорах он же составляет 0,10-0,67, а в пойме в возрасте 260 лет 0,47 и в возрасте 350 лет - 1,03 (Усольцев, 2007).

Известно также, что ПАА изменяется в сторону увеличения как в результате прореживаний древостоев, так и после внесения удобрений (Albrektson et al., 1977; Вгix, 1982). Величина ПАА всходов сосны в припышминских борах Урала связана с эдафическими факторами: на гари, в бороздах и на подстилке в 1-й год она составляет соответственно 1,87; 2,52 и 2,39, а на 4-й год 1,53; 2,04 и 1,53 г/г (отношение годовичного прироста сухого вещества растения к массе хвои в абсолютно сухом состоянии). Наивысшей ПАА обладают всходы в бороздах, причем с возрастом она снижается (Санников, 1965).

Автором предложен дендрометрический подход к изучению ПАА на основе совмещенной количественной характеристики флоэмного и ксилемно-

го транспорта, опосредованной некоторыми дендрометрическими показателями (Усольцев, 1997, 1998). Было показано, что поскольку основная часть заболони выполняет функцию резервуара воды, фактическое влагопотребление на транспирацию ассимиляционного аппарата определяется соотношением зон транзита и депонирования воды в заболони, и чем выше доля зоны транзита воды в общей площади заболони, тем выше при прочих равных условиях масса хвои и соответствующая масса продуцируемых ею ассимилятов, основная часть которых депонируется в виде прироста объема (или в упрощенном варианте, прироста площади сечения заболони) ствола. Таким образом, изменение прироста ствола при неизменных значениях площади заболони и массы хвои характеризует изменение эффективности «работы» хвои, в том числе вследствие загрязнений.

Были исследованы показатели ПАА как отношения годовичного прироста площади заболони на высоте груди, среднего за последние 5 лет, к массе хвои у сосен двух регионов: Тургайского прогиба в подзоне сухой степи, за тысячи километров от источников загрязнений, и района Среднего Урала (п. Северка, расположенный между Екатеринбургом и Среднеуральским медеплавильным заводом), в зоне критической экологической ситуации. Установлено, что в сосняках Среднего Урала величина ПАА на 17-18% ниже, чем в аналогичных сосняках Тургайского прогиба, что, по-видимому, связано с наличием загрязнений от СУМЗ (Усольцев, 1998).

Исследование названного показателя у деревьев ели и пихты в градиенте загрязнений от СУМЗ показало, что по мере приближения к заводу с 30 (контроль) до 1 км ПАА снижается соответственно в 2,1 и 1,5 раза независимо от их возраста. Аналогичным изучением ПАА деревьев берёзы и сосны в градиенте загрязнений от Карабашского медеплавильного комбината в Челябинской области установлено, что по мере приближения к КМК с 30 (контроль) до 4 км (граница мёртвой зоны) ПАА снижается соответственно на 25 и 43% независимо от возраста (Усольцев и др., 2012. С. 162).

Существенное снижение ПАА как отношения объемного прироста ствола к массе хвои выявлено у деревьев сосны обыкновенной в районе завода азотных удобрений в Литве: по мере приближения к заводу с расстояния 15 (контроль) до 8 км ПАА у деревьев I-III классов роста снижается на 30% (Сидаравичюс, 1985).

Выше упоминались многочисленные фактические данные ПАА, полученные Г. Бургером (Burger, 1929-1953) на пробных площадях в Европе в течение нескольких десятилетий. Попытаемся на базе этих данных и с помощью многофакторного регрессионного анализа выяснить, насколько статистически значимы определяющие факторы в объяснении изменчивости ПАА.

## 5.1.3. Моделирование изменения ПАА под влиянием экзо- и эндогенных экологических факторов по имеющимся литературным данным

Гансом Бургером в разных областях Швейцарии на разных высотных уровнях с 1908 по 1947 гг. было взято 786 модельных деревьев семи лесобразующих пород (табл. 5.1) с определениями годичного прироста ствола, массы хвои (листвы) и ПАА. Сюда не вошли 24 дерева сосны Веймутовой, поскольку у них был определён годичный прирост не всей стволовой древесины, а только крупной (Derbholz).

*Таблица 5.1*

Характеристика модельных деревьев, взятых Г. Бургером в лесах Швейцарии с 1908 по 1947 гг.

Древесная порода	Диапазоны варьирования экологических и таксационных характеристик модельных деревьев				Число модельных деревьев
	Высота над ур. м., м	Возраст, лет	Диаметр на высоте груди, см	Высота дерева, м	
Сосна	400 - 1950	12 - 120	4 - 53	4 - 33	210
Лиственница	500 - 2000	15 - 260	4 - 70	4 - 40	102
Ель	400 - 1800	20 - 300	4 - 100	4 - 45	184
Пихта	450 - 1220	20 - 275	5 - 110	4 - 43	91
Дугласия	490 - 630	20 - 275	4 - 110	4 - 43	24
Дуб	445 - 670	13 - 155	4 - 67	4 - 32	56
Бук	480 - 1360	14 - 128	1 - 57	3 - 40	119
Итого					786

Нами по фактическим данным модельных деревьев Г. Бургера рассчитаны уравнения

$$\ln(Zs/Pf) = a_0 + a_1(\ln A) + a_2(\ln D) + a_3(\ln H), \quad (5.1)$$

где  $Zs$  – текущий годичный прирост древесины ствола в абсолютно сухом состоянии, кг;  $Pf$  – масса хвои (листвы) дерева в абсолютно сухом состоянии, кг;  $A$  – возраст дерева, лет;  $D$  – диаметр ствола на высоте груди, см;  $H$  – высота дерева, м. Положение пробной площади по высотному градиенту при включении его в качестве независимой переменной в уравнение (5.1) в большинстве случаев оказалось статистически не значимым, и этот фактор был исключен из структуры регрессионного уравнения. Таким образом, в (5.1) вошли три переменные, которые в основном объясняют изменчивость фитомассы дерева (Усольцев, 1985, 1988). Характеристика полученных уравнений дана в табл. 5.2. Все константы при переменных значимы на уровне вероятности  $P_{95}$ .

Характеристика уравнений (5.1)

Зависимая переменная, кг/кг	Древесная порода	Константы и независимые переменные уравнений (5.1)					
		$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln D)$	$a_3(\ln H)$	$R^2$	$SE$
ln( $Z_s/P_f$ )	Сосна	-0,3228	-0,5880	-0,6055	1,4701	0,627	0,28
	Лиственница	0,5479	-0,8773	-0,2868	1,3786	0,700	0,27
	Ель	-1,1179	-0,6047	-0,5891	1,4551	0,737	0,26
	Пихта	-1,3142	-0,5133	-0,4236	1,3040	0,805	0,22
	Дугласия	-0,8601	-0,7599	-0,5849	1,7071	0,860	0,29
	Дуб	0,8293	-0,2317	-0,1168	0,2722	0,415	0,15
	Бук	2,7938	-1,4885	0,5351	0,7244	0,679	0,31

Предварительный анализ констант уравнений (5.1) показывает, что величина ПАА с увеличением возраста дерева при прочих равных условиях снижается, что соответствует известному положению о снижении эффективности «работы» ассимиляционного аппарата дерева и древостоя (и соответственно величины ЧПП) с возрастом (Gower et al., 1996; Roxburgh et al., 2005). ПАА возрастает с увеличением высоты дерева, которая при прочих равных условиях косвенно характеризует добротность местопроизрастания. В характеристике уравнений (5.1) обращает на себя внимание тот необычный факт, что ПАА с увеличением диаметра ствола при прочих равных условиях снижается у всех пород, за исключением бука. Что является причиной такого расхождения, неясно.

Количественные изменения ПАА в связи с изменением определяющих факторов в уравнениях (5.1) можно проследить по результатам их табулирования (табл. 5.3)

Таблица 5.3

Зависимость ПАА лесообразующих пород Швейцарии от возраста, диаметра ствола и высоты дерева (по фактическим данным Г. Бургера)

Древесная порода	Возраст дерева, лет	Высота дерева, м	Диаметр ствола на высоте груди, см					
			8	24	36	48	60	72
Сосна	20	8	0,75	0,39	0,30	0,25	-	-
		24	-	1,94	1,52	1,28	1,11	-
		36	-	-	2,76	2,32	2,02	1,81
	60	8	0,39	0,20	0,16	0,13	-	-
		24	-	1,02	0,80	0,67	0,58	-
		36	-	-	1,44	1,21	1,06	0,95
	100	8	0,29	0,15	0,12	0,10	-	-
		24	-	0,75	0,59	0,50	0,43	-
		36	-	-	1,07	0,90	0,79	0,70
	140	8	0,24	0,12	0,10	0,08	-	-
		24	-	0,62	0,48	0,41	0,36	-
		36	-	-	0,88	0,74	0,64	0,58

Продолжение таблицы 5.3

Лиственница	20	8	1,21	0,88	0,79	0,72	-	-
		24	-	4,01	3,57	3,29	3,09	-
		36	-	-	6,25	5,75	5,40	5,12
	60	8	0,46	0,34	0,30	0,28	-	-
		24	-	1,53	1,36	1,25	1,18	-
		36	-	-	2,38	2,19	2,06	1,95
	100	8	0,29	0,22	0,19	0,18	-	-
		24	-	0,98	0,87	0,80	0,75	-
		36	-	-	1,52	1,40	1,31	1,25
	140	8	0,22	0,16	0,14	0,13	-	-
		24	-	0,73	0,65	0,60	0,56	-
		36	-	-	1,13	1,04	0,98	0,93
Ель	20	8	0,32	0,17	0,13	0,11	-	-
		24	-	0,84	0,66	0,56	0,49	-
		36	-	-	1,19	1,00	0,88	0,79
	60	8	0,17	0,09	0,07	0,06	-	-
		24	-	0,43	0,34	0,29	0,25	-
		36	-	-	0,61	0,52	0,45	0,41
	100	8	0,12	0,06	0,05	0,04	-	-
		24	-	0,32	0,25	0,21	0,18	-
		36	-	-	0,45	0,38	0,33	0,30
	140	8	0,10	0,05	0,04	0,03	-	-
		24	-	0,26	0,20	0,17	0,15	-
		36	-	-	0,37	0,31	0,27	0,24
Пихта	20	8	0,36	0,23	0,19	0,17	-	-
		24	-	0,95	0,80	0,71	0,64	-
		36	-	-	1,35	1,20	1,09	1,01
	60	8	0,20	0,13	0,11	0,10	-	-
		24	-	0,54	0,45	0,40	0,37	-
		36	-	-	0,77	0,68	0,62	0,57
	100	8	0,16	0,10	0,08	0,07	-	-
		24	-	0,41	0,35	0,31	0,28	-
		36	-	-	0,59	0,52	0,48	0,44
	140	8	0,13	0,08	0,07	0,06	-	-
		24	-	0,35	0,29	0,26	0,24	-
		36	-	-	0,50	0,44	0,40	0,37
Дугласия	20	8	0,45	0,24	0,19	0,16	-	-
		24	-	1,54	1,21	1,02	0,90	-
		36	-	-	2,42	2,05	1,80	1,62
	60	8	0,19	0,10	0,08	0,07	-	-
		24	-	0,67	0,53	0,44	0,39	-
		36	-	-	1,05	0,89	0,78	0,70
	100	8	0,13	0,07	0,05	0,05	-	-
		24	-	0,45	0,36	0,30	0,26	-
		36	-	-	0,71	0,60	0,53	0,48
	140	8	0,10	0,05	0,04	0,04	-	-
		24	-	0,35	0,28	0,23	0,20	-
		36	-	-	0,55	0,47	0,41	0,37

Дуб	20	8	1,58	1,39	1,33	1,28	-	-
		24	-	1,88	1,79	1,73	1,68	-
		36	-	-	2,00	1,93	1,88	1,84
	60	8	1,23	1,08	1,03	0,99	-	-
		24	-	1,45	1,39	1,34	1,31	-
		36	-	-	1,55	1,50	1,46	1,43
	100	8	1,09	0,96	0,91	0,88	-	-
		24	-	1,29	1,23	1,19	1,16	-
		36	-	-	1,38	1,33	1,30	1,27
	140	8	1,01	0,89	0,84	0,82	-	-
		24	-	1,19	1,14	1,10	1,07	-
		36	-	-	1,27	1,23	1,20	1,17
Бук	60	8	0,51	0,91	1,13	1,32	-	-
		24	-	2,02	2,51	2,92	3,29	-
		36	-	-	3,36	3,92	4,42	4,87
	100	8	0,24	0,43	0,53	0,62	-	-
		24	-	0,94	1,17	1,37	1,54	-
		36	-	-	1,57	1,83	2,07	2,28
	140	8	0,14	0,26	0,32	0,37	-	-
		24	-	0,57	0,71	0,83	0,93	-
		36	-	-	0,95	1,11	1,25	1,38

В 100-летнем возрасте дерево диаметром 36 см и высотой 24 м характеризуется видоспецифичным значением ПАА: наименьшее у темнохвойных (ель – 0,25 и пихты – 0,35-0,36), затем следуют светлохвойные (лиственница – 0,87 и сосна обыкновенная – 0,59) и наибольшее у твердолиственных (дуб – 1,23 и бук – 1,17). С увеличением возраста дерева с 20 до 140 лет ПАА равновеликих деревьев лиственницы снижается в 5,5, дугласии в 4,3, сосны, ели и пихты – соответственно в 3,2; 3,3 и 2,8 и дуба – в 1,6 раза.

В 100-летнем возрасте у деревьев диаметром 36 см по мере увеличения высоты дерева с 8 до 36 м ПАА увеличивается у дугласии в 14, у лиственницы, сосны и ели – в 8-9, у пихты – в 7, у бука – в 3 и у дуба – в 1,5 раза. Менее всего изменяется ПАА в связи с диаметром ствола при равенстве как возраста, так и высоты дерева. У дерева высотой 24 м в возрасте 100 лет при снижении диаметра ствола 60 до 24 см ПАА увеличивается у хвойных – на 30-80, у дуба – на 10%, а у бука снижается на 60%.

Таким образом, с изменением возраста и размеров дерева, характеризующих его ценогическое положение в пологе, ПАА на статистически значимом уровне изменяется у всех исследованных здесь древесных пород.

Рассмотрим изменение величины ПАА по уникальным данным Н.И. Казиминова с соавторами (1977) для 60-летних древостоев сосны обыкновенной европейского Севера (приложение 9). Их уникальность состоит не только в том, что они включают данные полного фракционного состава как фитомассы, так и ее годовичного прироста у 113 деревьев сосны по ступеням толщины. Они охватывают полный экологический ряд на песчаных почвах приозёрного склона в диапазоне залегания грунтовых вод от 0,3 до 2,8 м, определившем формирование экологического ряда лесорастительных условий от лишайникового до багульниково-сфагнового типа леса (рис. 5.17).

Запас древостоев вниз по склону увеличивается с 82 до 194, а затем снижается до 108 м<sup>3</sup>/га, средняя высота характеризуется соответственно значениями 9, 16 и 11 м, класс бонитета – соответственно V, III и V, а густота вначале снижается с 3,5 до 1,1, а затем повышается до 2,2 тыс. деревьев на га. Характеристика объектов дана в табл. 5.4.

Попытаемся выяснить, как ценогическое положение дерева (ступень толщины) и положение его в экологическом ряду по условию увлажнения определяют величину ПАА деревьев сосны. Анализ выполнен в двух вариантах.

В первом их них по данным о фитомассе деревьев (приложение 9) рассчитаны уравнения

$$\ln(Zt/Pf) = a_1 + a_2 (\ln D) + a_3 (\ln D)^2 + a_4 K + a_5 (K^2), \quad (5.2)$$

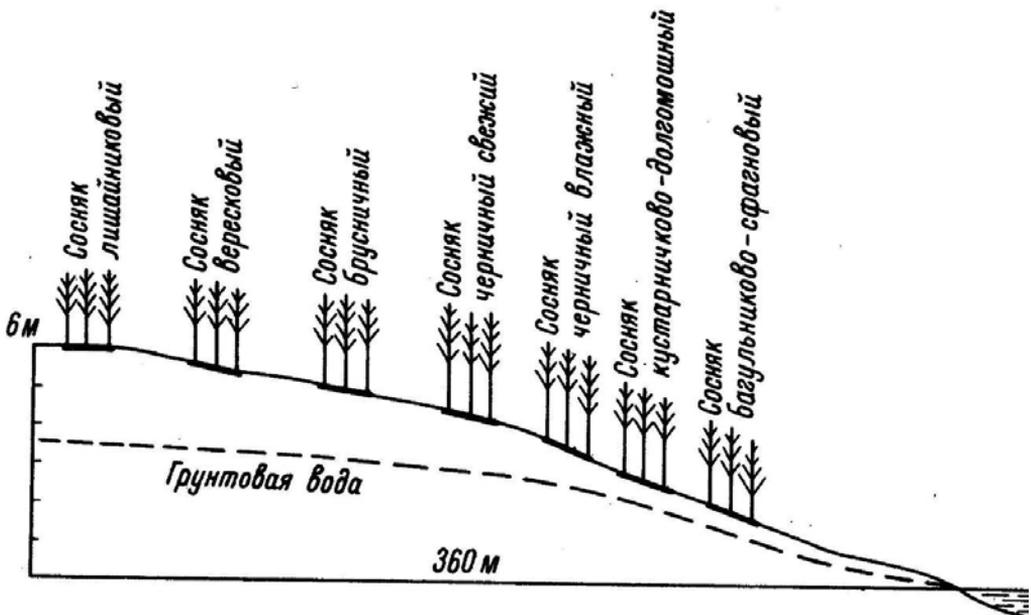


Рис. 5.17. Схема расположения средневозрастных сосняков семи типов леса, составляющих экологический ряд по увлажнению почвы (Казимиров и др., 1977).

Таблица 5.4

Сопряжение густоты сосняков, типов леса и классов бонитета в экологическом ряду с их кодировкой числами естественного ряда

Тип леса	Лишайниковый	Вересковый	Брусничный	Черничный свежий	Черничный влажный	Кустарничково-долгомошный	Багульниково-сфагновый
Класс бонитета	IV,7	III,7	III,3	II,7	III,0	IV,4	IV,7
Код типа леса	1	2	3	4	5	6	7
Густота древостоя, тыс. экз.	3,48	1,63	1,48	1,07	1,63	2,22	2,12
Средний диаметр, см	7,6	12,6	13,4	18,0	17,2	11,4	10,8

где  $Z_t$  – годичный прирост общей фитомассы дерева в абсолютно сухом состоянии, кг;  $P_f$  – масса хвои дерева в абсолютно сухом состоянии, кг;  $D$  – диаметр ствола на высоте груди, см;  $K$  – код типа леса (см. табл. 5.4).

Регрессионным анализом получены константы уравнения (5.2):

$$\ln(Z_t/P_f) = -2,2188 + 1,4007(\ln D) - 0,2394(\ln D)^2 + 0,3155K - 0,0384(K^2);$$

$$R^2 = 0,901; SE = 0,05, \quad (5.3)$$

результат табулирования которого по фактическим ступеням толщины дан в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Изменение ПАА по ступеням толщины деревьев сосны в разных типах леса по результатам табулирования уравнения (5.3)

$D$ , см	Код типа леса						
	1	2	3	4	5	6	7
8	0,71	0,87	0,96	1,02	1,07	1,11	1,14
12	0,81	0,98	1,09	1,16	1,21	1,25	1,29
16	0,84	1,03	1,13	1,21	1,26	1,31	1,34
20	0,84	1,03	1,14	1,21	1,27	1,31	1,35
24	0,83	1,02	1,12	1,20	1,25	1,29	1,33
28	0,81	0,99	1,10	1,17	1,22	1,26	1,30
32	-	0,96	1,06	1,13	1,18	1,22	1,26
36	-	0,93	-	1,09	1,14	-	-
40	-	-	-	1,06	1,10	-	-

По второму варианту рассчитаны уравнения

$$\ln(Zt/Pf) = a_1 + a_2 (\ln D) + a_3 (\ln D)^2 + a_4 (\ln B) + a_5 (\ln B)^2, \quad (5.4)$$

где В – номер класса бонитета со II по V (см. табл. 5.4). Получен окончательный вид уравнения:

$$\ln(Zt/Pf) = -0,6959 + 1,6059(\ln D) - 0,2750(\ln D)^2 - 1,3949(\ln B) + 0,2882(\ln B)^2; \\ R^2 = 0,938; SE = 0,04. \quad (5.5)$$

В табл. 5.6 приведены результаты табулирования уравнения (5.5), которые показывают монотонное снижение величины ПАА по мере снижения добротности местопроизрастания с II к V классу бонитета. Наименьшие значения ПАА как у деревьев-лидеров, так и у деревьев – кандидатов на естественное отмирание.

*Таблица 5.6*

Изменение ПАА по ступеням толщины деревьев в разных классах бонитета сосняков по результатам табулирования уравнения (5.5)

D, см	Класс бонитета			
	II	III	IV	V
8	1,87	1,31	1,08	0,96
12	2,16	1,51	1,24	1,10
16	2,26	1,58	1,30	1,16
20	2,27	1,59	1,31	1,16
24	2,23	1,56	1,28	1,14
28	2,17	1,52	1,25	1,11
32	2,09	1,47	1,21	-
36	2,01	1,41	-	-
40	1,93	-	-	-

Таким образом, наблюдается большой диапазон варьирования ПАА как при разных, так и при идентичных уровнях экзо- и эндогенных факторов. Возможная причина неопределенности в том, что ход биопродукционного процесса определяется не только величиной ПАА, но и спецификой распределения прироста между фракциями как дерева, так и древостоя (Nilsson, Albrektson, 1993), что имеет отношение также к рассмотренной в разделе 2.2.2 проблеме моделирования корнелистовых связей (root: shoot ratio).

## 5.1.4. Распределение ассимилятов в фитомассе деревьев: законы или закономерности?

Поскольку характеристика продуктивности ассимиляционного аппарата связана с процессами ассимиляции и фотосинтеза, первые ее исследования, как уже отмечалось, проводились физиологами растений (Иванов, Коссович, 1930, 1932; Boysen Jensen, 1932; Коссович, 1940, 1967). В.А. Алексеевым (1975) подобные исследования выполнены в естественных древостоях избыточного ряда увлажнения в южнотаежной подзоне европейской России. Сосняки в возрасте 80-85 лет представлены типами леса сосняк кислично-брусничный, долгомошный и сфагновый и классами бонитета соответственно I; III,5; Va. Ельники в возрасте 100-120 лет – типами леса ельник чернично-кисличный, сфагново-черничный, осоково-чернично-сфагновый и классами бонитета соответственно I,5; IV; Va.

Известно, что ухудшение условий произрастания сопряжено с эффективностью фотосинтетической деятельности древостоев ( $K_{\text{фар}}$ ), выражаемой отношением энергии, аккумулированной в годичном приросте фитомассы, к энергии, поглощенной растительным сообществом в единицу времени. В данном случае эдафический ряд от сосняка кислично-брусничного до сфагнового характеризуется величиной  $K_{\text{фар}}$ , равной соответственно 1,9; 1,6 и 1,0, а ряд от ельника чернично-кисличного до осоково-чернично-сфагнового –  $K_{\text{фар}}$ , равной соответственно 1,32; 0,98 и 0,55. Корреляционный анализ показал, что как в сосняках, так и ельниках, связь годичного прироста фитомассы с  $K_{\text{фар}}$  положительная и близкая к функциональной при коэффициенте корреляции в обоих случаях, равном 0,997 (Алексеев, 1975).

Установлено также, что по мере ухудшения условий произрастания и соответствующего снижения величины  $K_{\text{фар}}$  происходит перераспределение вклада различных фракций фитомассы в общий годичный прирост, а именно – снижение прироста стволов и увеличение - хвои и корней (рис. 5.18). Увеличение доли ассимилятов, расходуемых на образование органов, наиболее ответственных за фотосинтетическую деятельность и выживаемость древостоев, т.е. хвои и корней, рассматривается как их приспособительная реакция на ухудшение условий произрастания (Алексеев, 1975).

Другой физиологически обусловленный фактор продуктивности деревьев и древостоев связан с моделированием, в основе которого лежит связь годичного прироста фитомассы с усвоением почвенного азота и с распределением прироста фитомассы между листвой, тонкими корнями и древесными тканями. Цель подобного моделирования – оценить влияние пропорций в распределении прироста по названным фракциям на общий прирост деревьев и биологическую продуктивность древостоя (King, 1993).

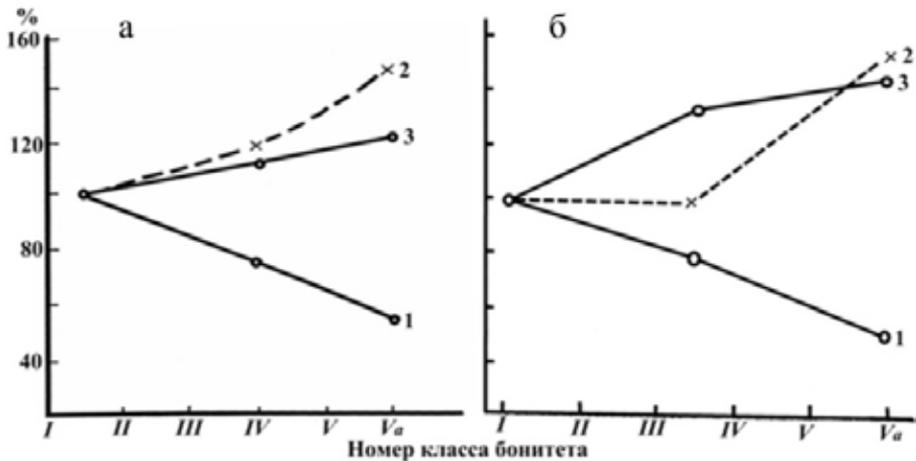


Рис. 5.18. Специфика распределения годичного прироста основных фракций фитомассы в древостоях ели (а) и сосны (б) разных классов бонитета; 1 - древесина, 2 - корни, 3 - хвоя. За 100 % принято распределение прироста в ельнике чернично-кисличном (а) и сосняке кислично-брусничном (б) (Алексеев, 1975).

Существуют два принципиально разных подхода к математическому моделированию и соответственно две обширные группы моделей: дедуктивные (функциональные, физиологические, эколого-физиологические, имитационные и др.) и индуктивные (эмпирические, стохастические, феноменологические и др.). При дедуктивном подходе исследователь идет «от теории», т.е. имитационные модели «являются математической записью представлений автора модели о способе действия объекта» (Ивахненко, 1982. С. 24), и такие модели несут объяснительную функцию.

В частности, одна из современных имитационных моделей распределения ассимилятов в дереве построена на ранжировании отдельных частей дерева по приоритетам в получении ассимилятов (Палуметс, 1990; Palumets, 1991). Самое широкое применение нашла выше упомянутая концепция функционального равновесия (см. раздел 2.2.2), выражаемая формулой: масса корней, умноженная на интенсивность поглощения, пропорциональна массе листьев, умноженной на интенсивность фотосинтеза (Davidson, 1969). Модификация модели функционального равновесия построена на ранжировании отдельных частей дерева по приоритетам в получении ассимилятов. В ее основе лежит физическая аналогия сообщающихся сосудов различной высоты (рис. 5.19). Модель состоит из трех блоков: хвои (1), ствола (2) и корней (3), причем ствол разделен на два подблока: ограниченного и неограниченного прироста. Блоки модели рассматриваются как емкости, соединенные трубопроводами, а ассимиляты – как жидкость, которая поступает снизу и наполняет систему сообщающихся сосудов (Палуметс, 1990; Palumets, 1991).

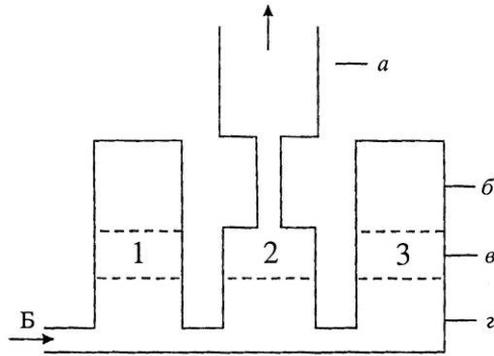


Рис. 5.19. Структура модели распределения ассимилятов в дереве; Б – брутто-фотосинтез; а – неограниченный прирост; б – ограниченный; в – минимальный; г – дыхание поддержания (Палуметс, 1990).

Поток ассимилятов к каждой фракции дерева разделяется на составляющие четыре уровня: минимальный (одинаковый для всех блоков) – затраты на дыхание поддержания (г); более высокий (минимальный прирост), включает дыхание поддержания плюс обновление отмирающих тканей дерева (тоже одинаковый для всех блоков) (в); предельный уровень развития хвои и корней – ограниченный прирост (б) (уровень насыщения), по достижении которого доступ ассимилятов к ним прекращается (одинаковый для блоков 1 и 3) и, наконец, уровень неограниченного прироста, свойственного только стволу – вместительность избытка ассимилятов (а) (см. рис. 5.19).

Таким образом, масса ствола согласно изложенной концепции – это мера избытка ассимилятов, которые остаются после удовлетворения затрат, необходимых для роста корней, ветвей, хвои, плодов, на самозащиту и дыхание (Waring, 1980; Waring, Schlesinger, 1985; Oliver, Larson, 1990). В зависимости от погоды текущего года уровень ассимилятов в емкостях-блоках (1-3) (см. рис. 5.19) может колебаться от минимального прироста всех фракций до неограниченного прироста ствола. Размах этих колебаний, в том числе колебаний уровня ассимилятов в блоке 2, соответствующих изменчивости радиального прироста ствола, возрастает по мере ужесточения условий среды, особенно влагообеспеченности местообитания.

Иную схему приоритетов в распределении ассимилятов между фракциями фитомассы предложили шведские исследователи (Nilsson, Albrektson, 1993), связавшие её с уровнем конкуренции в 16-летних культурах сосны обыкновенной с начальной густотой посадки 10 и 40 тыс. экз./га. Согласно полученным ими результатам, по мере усиления «конкурентного стресса» распределение ассимилятов идет в первую очередь в ствол и, возможно, в тонкие корни и лишь затем – в хвою.

# Электронный архив УГЛТУ

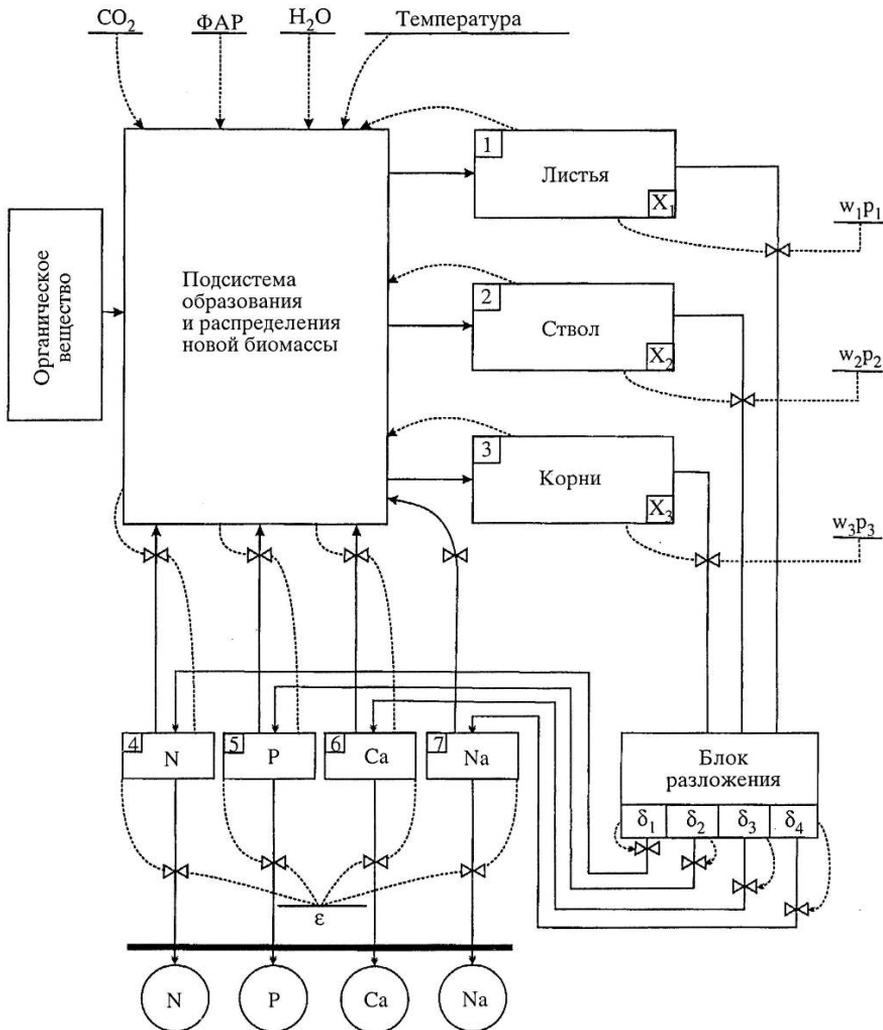


Рис. 5.20. Блок круговорота питательных веществ в имитационной модели роста дерева;  $w_1p_1$ ,  $w_2p_2$  и  $w_3p_3$  – доступные элементы питания соответственно в листьях, стволе и корнях (Рачко, 1979).

В имитационной модели роста дерева (рис. 5.20), разработанной в Вычислительном Центре РАН венгерским аспирантом Петером Рачко (1978, 1979) под руководством Ю.М. Свирежева, учтены не только физиологические процессы дерева, но и некоторые эдафические факторы. Для описания зависимости нетто-фотосинтеза от ФАР, концентрации  $CO_2$  и количества доступной воды использована модель Х. Молдау (Moldau, 1971), а для учета самозатенения фотосинтезирующего аппарата взята модель Ю. К. Росса (1975). Проблему распределения ассимилятов между частями дерева П. Рачко (1979) решает вводом “принципа максимальной первичной продуктивности”, суть которого в том, что “новая биомасса распределяется по ли-

стям, стволу и корням дерева таким образом, чтобы обеспечить максимальную скорость прироста общей биомассы дерева в следующий момент времени при условии, что состояние среды не меняется” (С. 86).

В модель включены также круговороты элементов питания (см. рис. 5.20) и учтены как угнетение фотосинтеза недостатком этих элементов (принцип Либиха), так и разложение опада и возможный дефицит элементов питания в почве. В целом, модель представляет систему балансовых уравнений круговорота элементов питания, интенсивности фотосинтеза и взаимосвязи фитомасс фракций с их структурой. Численная идентификация модели, выполненная по фактическим данным Н.И. Казиминова (1971) для ельников Карелии, показала наличие отклонений в пределах 10 %.

Модели Я. Палуметса (1990), П. Рачко (1978, 1979) и им подобные, выполненные на уровне дерева, экстраполируются на ту или иную площадь лесных экосистем в целях получения оценок продукционного потенциала этих площадей. Однако они не предназначены для имитации биологической продуктивности лесных экосистем под влиянием как эндогенных (внутренних), так и экзогенных (внешних) факторов.

Закономерность перераспределения полного (т.е. надземного и подземного) прироста фитомассы в связи не только с эдафическими условиями, но и с возрастом древостоев, показана в количественном выражении для сосновых и еловых древостоев средней тайги В.А. Алексеевым (1975) и как общий биологический принцип – О.Г. Чертовым с соавторами (2007). Отметив, что задача возрастного перераспределения прироста между различными органами растительных сообществ хорошо известна при имитационном моделировании их биологической продуктивности (Рачко, 1978, 1979; Valentine, 1985; Cannel, 1989; Палуметс, 1990; Bartelink, 1998), О.Г. Чертов с соавторами (2007) констатируют, что эта задача «еще окончательно не решена» (с. 156).

В группе моделей индуктивного характера, частично рассматриваемых в главе 2, идут «от эксперимента», т.е. вначале в соответствии с постановкой задачи набирается эмпирический материал, который затем анализируется и выявляются те или иные закономерности. Обсуждая степень всеобщности той или иной закономерности и соотношение понятий закон и закономерность, Е. Ассман (Assmann, 1961) пишет: “Стохастический характер всех до сих пор наблюдаемых закономерностей делает маловероятным простое всеобщее решение... Только интеграция многочисленных отдельных явлений ведет к закономерностям, достаточно определенным и строгим. При этих обстоятельствах мы должны, по-видимому, довольствоваться описанием осциллирующих жизненных процессов с помощью приближенных математических функций, которые как можно лучше отражали бы усредненное поведение множества живых организмов. Термин закономерность роста более

предпочтителен, поскольку в отличие от закона роста содержит предостерегающее ограничение. Математическая формулировка в каждом случае дает большие преимущества, поскольку обеспечивает лаконичность выражений и позволяет контролировать достоверность суждения посредством статистических методов оценки» (с. 201).

В.В. Антанайтис (1976) солидаризируется с Е. Ассманом, причем в более категоричной форме: «Стохастические связи не подчиняются теоретическим законам» (с. 7). Тем не менее, спустя 10 лет он пытается сформулировать компромиссный вариант закона-закономерности: «До сих пор чётко сформулированные, всеобщие законы роста и производительности древостоев отсутствуют. Однако известен ряд так называемых законов, которые или охватывают лишь отдельные показатели роста, или требуют значительных уточнений» (Антанайтис и др., 1986. С. 5). Он видит перспективу в том, чтобы «...обобщить местные закономерности, превратить их во всеобщие и раскрыть законы» (там же, с. 7). Но известно, что обобщая, например, известные местные таблицы хода роста древостоев и составляя на их основе всеобщие таблицы, мы отнюдь не «раскрываем законы» роста, а приходим к пониманию того, что такие «всеобщие таблицы» не работают в местных условиях, давая либо положительные, либо отрицательные смещения. Это основополагающий отличительный признак стохастических закономерностей: чем больше их «обобщают», тем в большей степени результат обобщения отдаляется от понятия «закон».

Как уже отмечалось в главе 2, в отличие от функциональной связи, эмпирическая закономерность не содержит элемента объяснения, а лишь констатацию, и кроме того, «любое феноменологическое описание работает только до тех пор, пока продолжают работать по-старому существенные и часто неизвестные нам механизмы» (Виленкин, 1978. С. 16). Тем не менее, эмпирическая закономерность дает возможность сиюминутного прогноза наиболее вероятного значения функции при заданных значениях аргументов.

Применение физических правил к биологическим системам обычно не дает желаемого результата (Dhar, Giuliani, 2010). Законы физики и химии дают механистическое представление о биологических процессах (Houghton et al., 1996; Bengtsson, 1999). Еще И. Шмитхюзен (1966) писал, что «явления, происходящие в органическом мире, невозможно объяснить одними лишь физическими законами», хотя «сама жизнь в свою очередь подчиняется законам физики» (С. 10). Богатство растительных видов в сочетании с сильно изменчивой биотической и абиотической окружающей средой практически делают невозможным получение обобщающих закономерностей. Экологи, например, могут объяснить не более 10% изменчивости наблюдаемых в экспериментах явлений (Møller, Jennions, 2002).

Некоторое исключение из этой общей тенденции представляют аллометрические взаимосвязи между количественными характеристиками организмов.

## 5.1.4.1. Аллометрия: закон или закономерность?

Ещё в XIX веке исследователи, начиная с О. Снелла (Snell, 1892) и Е. Дюбуа (Dubois, 1897), отмечали, что у различных видов связи между массой отдельных частей и целого организма хорошо описываются математическим соотношением вида

$$Y = a X^b, \quad (5.6)$$

где  $X$  может обозначать, например, массу всей особи данного вида ( $P$ , г или кг) или её размер (например, у дерева – диаметр ствола  $D$ , см, и  $Y$  – массу того или иного органа особи, г или кг. Параметр  $a$  называют аллометрической константой, а параметр  $b$  – экспонентой масштабирования. О. Снелл (1892) и Е. Дюбуа (1897) показали очень строгие отношения между размерами мозга и тела с экспонентой масштабирования  $2/3$  по целому ряду различных видов животных. Пирсолл (Pearsall, 1927) применил уравнение (5.6) для анализа соотношений между органами различных растений в ходе их роста; в этом случае экспонента масштабирования математически эквивалентна соотношению относительных скоростей роста органов  $X$  и  $Y$  (Huxley, 1932). Позднее идея аллометрического роста была развита С. Гулдом (Gould, 1966), В.М. Шмидтом (1969), М.В. Миной и Г.А. Клевезаль (1976), К. Никласом (Niklas, 2004), С. Куяхом с соавторами (Kuyah et al., 2013) и многими другими. М.В. Мина и Г.А. Клевезаль (1976) обсудили понятия онтогенетической и статической аллометрии и взаимосвязь между ними.

В результате анализа статической аллометрии масса листвы ~ диаметр ствола березы и осины в возрастном диапазоне от 10 до 70 лет В.А. Усольцевым (1973, 1976а) установлена параболическая связь  $b$  с возрастом дерева (рис. 5.21) при корреляционном отношении соответственно 0,7 и 0,8. Первые производные уравнений (см. рис. 5.21), приравненные нулю, дали значения возраста (соответственно 39 и 35 лет), соответствующие моменту наибольшей интенсивности самоизреживания древостоев в терминах массы ассимилирующего аппарата. Аналогичные колоколообразные кривые получены также для массы листвы на 1 га тех же древостоев, показавшие максимум массы листвы примерно в тех же возрастах. С учетом ошибки (доверительного диапазона) упомянутых колоколообразных зависимостей сделан вывод, что в березняках и осинниках существует общий возрастной диапазон от 30 до 40 лет, соответствующий максимальной интенсивности самоизреживания и максимальной массе листвы на единице площади березовых и осиновых древостоев.

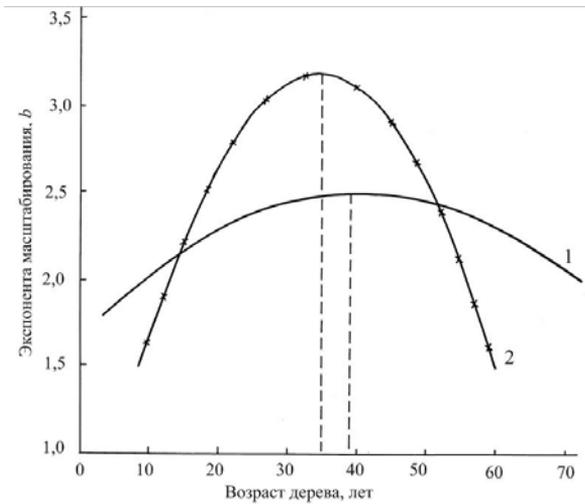


Рис. 5.21. Изменение экспоненты масштабирования  $b$  в берёзовых (1) и осиновых (2) деревьях в связи с их возрастом (Усольцев, 1973).

В результате анализа онтогенетической аллометрии *масса ветвей* ~ *масса ствола* у берёз порослевого и семенного происхождений в возрастном диапазоне от 5 до 34 лет (т.е. до пика интенсивности самоизреживания), В.А. Усольцевым (1976б) для тех и других берёз установлено явление изометрии, или пропорционального роста ( $b = 1$ ) с аллометрической константой  $a$  (или константой начального роста) у порослевых и семенных деревьев, равной соответственно 0,134 и 0,095 и коэффициентами  $R^2$  соответственно 0,996 и 0,953. Это означает, что у порослевых деревьев приоритет распределения ассимилятов в их крону более выражен по сравнению с семенными, а распределение в ствол – напротив, в меньшей, по причине меньшей густоты и наличия большего пространства роста в порослевых берёзках.

При постоянных условиях окружающей среды  $b$  может быть стабильным в течение длительного периода времени (Ingestad, Ågren, 1988). Исследования показали наличие строгих аллометрических соотношений у животных между скоростью метаболизма (например, скоростью дыхания всего организма) и массой тела с экспонентой масштабирования  $3/4$  (Kleiber, 1932).

Е.В. Воробейчик (2001) видит принципиальное отличие статической аллометрии от онтогенетической в «существовании в выборке групп особей вместо одной особи» (с. 632). Под группой он понимает подмножество изоморфных объектов, когда «внутри групп особи имеют одинаковую форму, но различаются абсолютными размерами». При статической аллометрии может анализироваться выборка особей разного возраста, при этом коэффициенты  $b$  «засорены» изменчивостью объектов, не связанной с возрастными изменениями (неоднородная выборка). В таком случае экспонента масштабирования  $b$  представлена композицией теоретического коэффициента изо-

метрического роста (при  $b = 1$ ) и коэффициента регрессии, построенной по средним значениям групп, составляющих выборку. Использование  $b$  при анализе существенно неоднородных совокупностей таит опасность артефакта, вероятность которого тем выше, чем больше различия в структуре сравниваемых выборок. Поскольку задача использования (5.6) – в установлении разницы между степенным коэффициентом уравнения и теоретическим коэффициентом изометрического роста, то: «...чем менее широкий интервал значений средних, соответственно, чем больше доля в общем варьировании внутригрупповой дисперсии, тем менее надежно заключение относительно отклонения роста от изометрического» (с. 634). Предлагается разбивать выборку на несколько групп, устанавливая в каждой среднее значение искомого признака и строить зависимость (5.6) по этим средним, а не по всей выборке. В противном случае автор предостерегает о возможности артефакта, и (со ссылкой на Р. Мэя) предполагает, что это - «предостережение, вселяющее ужас» (с. 634).

А.А. Дюльдиным (1973) было показано, что отношение коэффициентов вариации аргумента и функции согласно зависимости (5.6) постоянно и равно абсолютной величине  $b$ . «Это утверждение имеет приближенный характер, так как является следствием приближенных формул, - пишет далее А.А. Дюльдин. – Тем не менее, оно имеет определенную ценность, так как позволяет сопоставлять данные по изменчивости, выраженные через коэффициенты вариации, с данными о корреляции признаков, выраженными в аллометрической форме» (с. 98).

Г.Б. Кофман, исследуя аллометрию с позиций теории подобия (Кофман, 1981, 1982; Кофман, Кузьмичев, 1981), показал теоретический характер аллометрической функции (5.6) как проявления подобия в сравниваемой совокупности состояний и исследовал нетрадиционные варианты подобия, в частности, в процессах роста и изреживания древостоев. Позднее на материалах обширной мировой литературы им проведен анализ взаимосвязей (в том числе аллометрических) между ростом и формой деревьев. В заключение монографии он пишет (1986): «Исследование роста деревьев и древостоев в первую очередь должно основываться и учитывать именно их характерные биологические особенности. Применительно к деревьям одной из немногих таких идей является необходимость считаться с разделением биомассы стволов на инертную и физиологически активную, связанную с фотосинтезирующим аппаратом, с различными временами жизни кроны и дерева в целом. Изменчивость формы, очень большие различия в абсолютных размерах деревьев даже в чистом одновозрастном древостое явно обусловлены регуляцией между поверхностью и объемом, которая является, по-видимому, единственно возможной макроскопической адаптацией просто из-за отсутствия каких-либо альтернатив» (с. 185-186).

## 5.1.4.2. Аллометрия «масса ~ размер особи»

В качестве альтернативы эмпирическому подходу для расчета экспоненты масштабирования  $b$  в уравнении (5.6) Г. Вестом предложен биомеханический принцип структурных и экофизиологических моделей дерева (West et al., 1999). По мнению зарубежных “математизированных” экологов, “живой мир управляется законами, основанными на фрактальной геометрии и размерах организмов” (Whitfield, 2001. Р. 342). Сегодня основная концепция лесоводов “видеть за деревьями лес” получает дальнейшее развитие, правда, с точностью «до наоборот». Идею этого развития можно выразить словами американского эколога Дж. Енквиста (цит. по: Whitfield, 2001): “Когда я иду по лесу, то меня не оставляет ощущение, что хотя это очень сложная система, но в основе этой сложности лежат очень простые правила” (с. 342).

В основу метода фрактальной модели Г. Веста (West et al., 1999) положены фрактальные свойства ветвящихся структур. Это означает, что общая схема ветвления дерева подразделяется на соподчиненные подсистемы, которые в последовательно уменьшающихся масштабах повторяют общую схему (рис. 5.22). Для расчета общей фрактальной модели интактные ветвящиеся системы расчленяются по порядкам ветвления, измеряются длина, масса и угол крепления каждого сегмента. При известных характеристиках доступных ветвей первого порядка, непосредственно примыкающих к стволу, а также – ствола в целом, модель позволяет достаточно корректно определить массу дерева (Mandelbrot, 1983; Barnsley, 1988; Peitgen, Saupe, 1988; Соколов, 1989; Strand, 1990; Zeide, 1991; Berezovskaya et al., 1993).

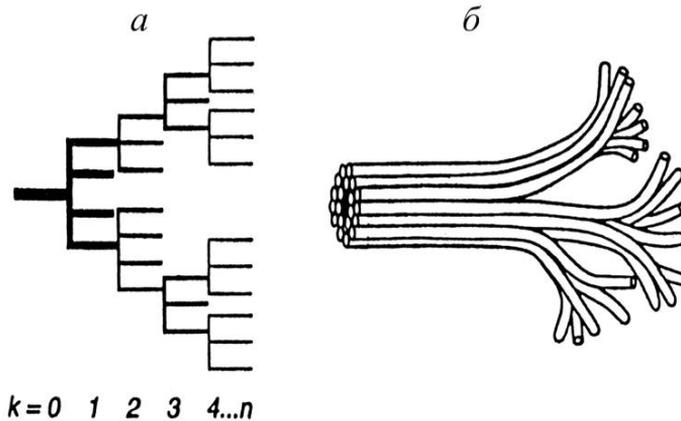


Рис. 5.22. Схематическое представление общности: (а) теории фракталов (показана топология ветвления от уровня  $k = 0$  (ствол) до уровня  $k = n$  (петиоли)) и (б) пайп-модели (символически показана система ветвящихся сосудов, состоящая из проводящих воду «трубок» и непроводящих тканей, выделенных черным цветом в центре пучка сосудов) (West et al., 1999).

Фрактальная модель Г. Веста (West et al., 1999) представляет собой своеобразный симбиоз двух теорий – фракталов (см. рис. 5.22) и пайп-модели (Shinozaki et al., 1964), восходящей к Леонардо да Винчи вглубь пяти столетий (рис. 5.23). Модель основана на некоторых общих условиях-допущениях (West et al., 1999; Enquist, Niklas, 2001):

- (1) система ветвления является “объемонасыщенной”, т.е. все пространство роста полностью заполнено;
- (2) размер листвы и петиолей инвариантен;
- (3) биомеханическое напряжение в ветвящейся структуре постоянно;
- (4) рассеяние энергии в ксилемном потоке минимально.

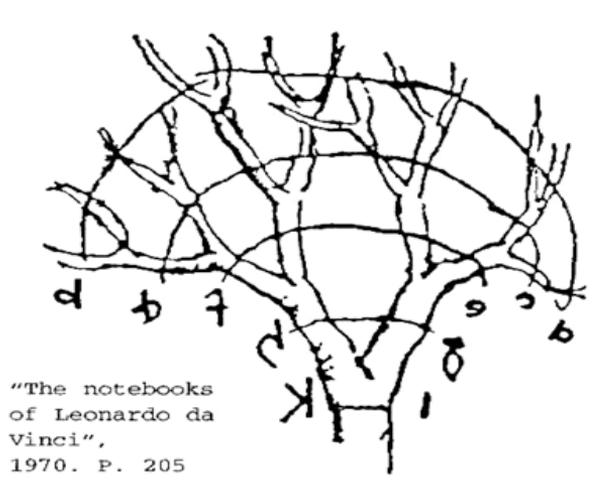


Рис. 5.23. Иллюстрация Леонардо да Винчи к его тезису о постоянстве поперечного сечения ствола и ветвей по вертикальному профилю дерева (The notebooks..., 1970).

Согласно модели Г. Веста, надземная масса дерева  $P$  связана с диаметром ствола  $D$  по уравнению (5.6) при среднем значении  $b = 8/3$  (или  $\approx 2,67$ ), независимом от структурных и морфологических характеристик исследуемых деревьев.

Д. Цианис и М. Менкуччини (Zianis, Mencuccini, 2004) решили выяснить, обеспечивают ли поддержку этой теории имеющиеся многочисленные эмпирические данные по аллометрии  $P \sim D$ , и проверить соответствие теоретического и эмпирического значений  $b$ . Теоретическое значение принято согласно модели Г. Веста (West et al., 1999), а эмпирическое - как среднее из всех опубликованных в литературе значений  $b$ . Авторами составлена и проанализирована мировая сводка аллометрических уравнений связи вида (5.6) надземной сухой массы (включающей ствол, кору, ветви и листву) деревьев  $P$  (кг) с диаметром их стволов на высоте груди  $D$  (см), и построен график частот распределения  $b$  по его ступеням (рис. 5.24). Среднее значение  $b$ , полученное по 279 уравнениям, достоверно отличалось от теоретического

(2,67) и составило 2,368. Около 69% значений  $b$  приходится на диапазон 2,18-2,54, и около 13% - на диапазон 2,68-2,80. Однако средняя величина  $b = 2,368$ , рассчитанная по всем эмпирическим уравнениям, была существенно ниже теоретического значения 2,67.

Д. Цианис и М. Менкуччини установили, что эмпирические модели обеспечивают лучшие предсказания массы дерева, чем теоретическая модель Г. Веста (West et al., 1999). Хотя последняя дает приемлемый уровень точности, ее применимость сомнительна, поскольку для ее валидации необходимо большое количество модельных деревьев. Основной недостаток принятия универсального значения  $b$  (либо 2,368, либо 2,67) состоит в том, что нет гибкости при переходе от одной сводки данных к другой в предположении, что отношение специфичных скоростей роста  $P$  и  $D$  (соответственно  $(1/P)dP/dt$  и  $(1/D)dD/dt$ ) для различных древесных пород, произрастающих в совершенно разных природных условиях, должно оставаться постоянным вопреки современному пониманию экофизиологических и экологических процессов. Поэтому принятие значения  $b$  как постоянной величины необходимо рассматривать в качестве «пробного камня», и это применимо лишь при ориентировочных оценках массы дерева.

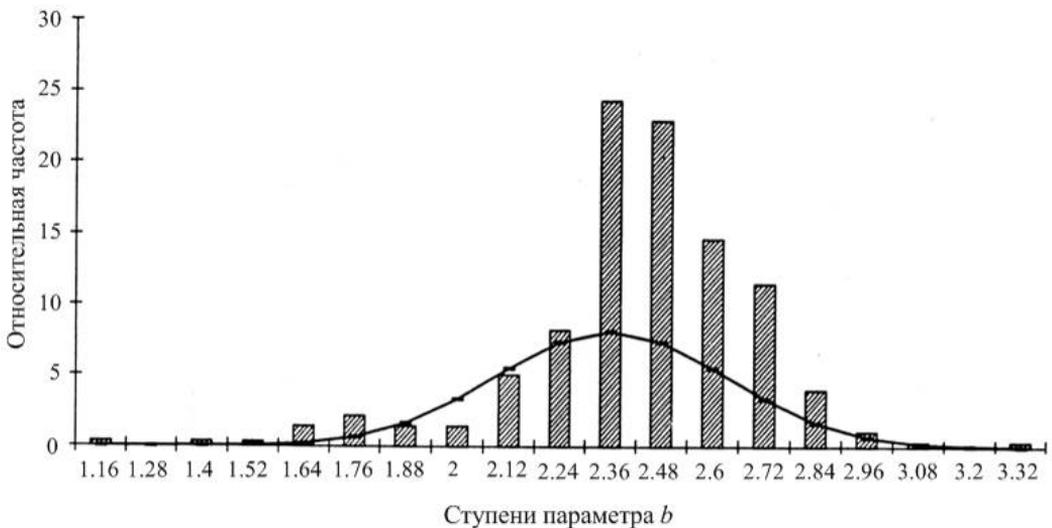


Рис. 5.24. Распределение частот по ступеням параметра  $b$ , полученного по 279 уравнениям (5.6), рассчитанным по фактическим данным разных авторов, на фоне кривой нормального распределения (Zianis, Mencuccini, 2004).

Вопрос, какая модель вида (5.6) предпочтительнее для оценки фитомассы на 1 га: полученная по локальным или рассчитанная по обобщенным для нескольких регионов фактическим данным деревьев – был исследован нами по материалам 1260 модельных деревьев сосны обыкновенной, которые были взяты из 10 сводок данных, приуроченных к разным регионам Северной Евразии. Количество модельных деревьев в каждой сводке варьировало в

пределах от 38 до 254 (Усольцев и др., 2006, 2012). В итоге рассчитаны 107 уравнений (5.6) для соотношения *надземная масса* ~ *диаметр ствола* и получены для каждого значения *a* и *b*. Среднее значение *b* составило 2,34, что почти совпадает с величиной  $b = 2,37$ , полученной Д. Цианисом и М. Менкуччини (Zianis, Mencuccini, 2004) по 279 уравнениям (5.6) для нескольких десятков древесных пород мира. Однако величина его, как и в обобщении Д. Цианиса и М. Менкуччини (Zianis, Mencuccini, 2004), существенно ниже значения теоретической фрактальной модели Г. Веста ( $b = 2,67$ ).

В этой связи необходимо установить степень приемлемости моделей (5.6) с теоретическим или эмпирическим значением *b*, а также моделей (5.6) разного уровня обобщения (т.е. рассчитанных по региональным или обобщенному массивам исходных данных) для адекватной оценки фитомассы на 1 га насаждения. Для расчета ошибок определения надземной фитомассы на 1 га с помощью моделей (5.6), рассчитанных для массы деревьев сосны, было выделено несколько уровней обобщения, с 1-го по 7-й (Усольцев и др., 2006). Базовый массив последовательно дополняли данными других регионов.

В частности, естественные сосняки Аман-Карагайского бора с 119 модельными деревьями (1-й уровень обобщения) дополнены естественными сосняками Ара-Карагайского бора и Казахского мелкосопочника и сформирован 2-й уровень обобщения (355 определений фитомассы), на 3-м уровне обобщения (609 определений) к предыдущему добавлена Красноярская лесостепь, 4-й уровень (945 определений) представлен всеми естественными сосняками и, наконец, 5-й уровень – это все 1260 определений фитомассы в естественных сосняках и культурах. Шестой уровень представлен эмпирической моделью (5.6) с величиной  $b = 2,34$ , и 7-й – теоретической моделью Г. Веста со значением  $b = 2,67$ . Фитомасса на 1 га рассчитана для древостоев каждой из 107 пробных площадей по каждому из четырех базовых регионов с нарастающим уровнем обобщения. С использованием рядов распределения деревьев по диаметру для каждой пробной площади получены пять определений фитомассы на 1 га.

Каждое из полученных расчетных определений сопоставлялось с фактическим запасом фитомассы на 1 га, полученным по тем же рядам распределения, но не на основе моделей (5.6) разного уровня обобщения или моделей (5.6) с разными значениями *b* (2,34 и 2,67), а по фактическим определениям фитомассы на каждой пробной площади отдельно. Результаты расчета стандартной ошибки определения фитомассы на 1 га по моделям шести нарастающих уровней обобщения по отношению к фактическим значениям фитомассы показали тенденцию ее увеличения по мере повышения уровня обобщения аллометрической модели (5.6) с 1-го по 6-й с коэффициентом корреляции 0,59 (рис. 5.25). Если на 1-м уровне обобщения средняя ошибка составила 14% в диапазоне от 11 до 16%, то на 5-6-м уровнях – 20% в диа-

пазоне от 17 до 26%. Средняя ошибка оценки фитомассы на 1 га по модели (5.6) при  $b = 2,34$  составила 19% в диапазоне от 17 до 24% и по модели Г. Веста при  $b = 2,67$  – 17% в диапазоне от 13 до 21%.

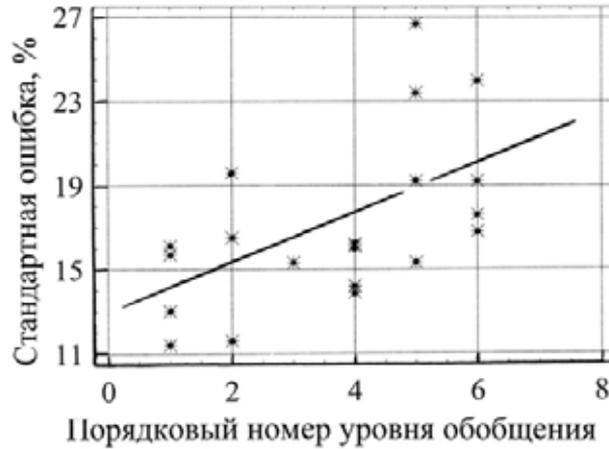


Рис. 5.25. Стандартная ошибка определения надземной фитомассы на 1 га по моделям (5.6) по отношению к значениям фитомассы, полученным по модельным деревьям каждой пробной площади, в зависимости от уровня обобщения моделей (5.6) (Усольцев и др., 2006).

Средняя стандартная ошибка определения надземной фитомассы на 1 га по модели Г. Веста оказалась на статистически значимом уровне ( $t = 7,8 > t_{0,5} = 2,0$ ) выше на 2,5% по сравнению с локальными моделями (1-й уровень обобщения), что логически объяснимо. В то же время, ошибка оценки фитомассы на 1 га по теоретической модели Г. Веста ниже (в среднем на 5%) по сравнению с оценкой, полученной по “всеобщей” модели, рассчитанной по всему нашему массиву 1260 определений. Хотя различие в ошибках статистически не значимо ( $t = 0,23 < t_{0,5} = 2,0$ ), тем не менее, логически оно необъяснимо, поскольку модель Г. Веста не имеет никакого отношения к нашим экспериментальным данным. Этот парадокс пока не имеет приемлемого объяснения.

### 5.1.4.3. Аллометрия «масса органа ~ общая масса особи»

Другая биологическая модель, предложенная Г. Вестом с соавторами (West et al., 1997), известная как «теория метаболического масштабирования» (MST), объединяет аллометрические соотношения (5.6) как у растений, так и у животных. В этом случае в зависимости (5.6)  $Y$  – масса того или иного органа особи, а  $X$  – масса всей особи. Эта теория предполагает центральную роль системы водного транспорта в сосудах - у растений, и кровотока или дыхания - у животных. Она включает целый ряд предположений, из которых наиболее важным является фрактало-подобный дизайн системы

водного транспорта в сосудах, и позволяет надеяться, что величина экспоненты масштабирования в (5.6), равная  $\frac{3}{4}$ , будет оптимальной. К. Никлас и Б. Энkvист с коллегами (Enquist, Niklas, 2002; Niklas, 2004; McCarthy et al., 2007) развили MST на примере соотношений между частями растений. Они проверили свои предположения путем сопоставления разных биологических видов и показали, что наиболее часто экспонента масштабирования составляла  $\frac{3}{4}$ . Например, совмещая MST- модель с рядом допущений по длине, диаметру и плотности массы стволов и корней, они установили, что экспонента масштабирования в соотношениях масс *листва* ~ *ствол*, *листва* ~ *корни* и *ствол* ~ *корни* будет составлять соответственно  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$  и 1,0 (Enquist, Niklas, 2002).

Эти соотношения поддержаны базой данных в количестве от 400 до 700 определений (в зависимости от той или иной публикации), куда вошли данные 250-300 определений для сосудистых растений в диапазоне от небольших травянистых растений, выращенных в лаборатории, до взрослых деревьев из различных мировых естественных и искусственных лесов (Enquist, Niklas, 2002; Niklas, 2004). К. Никлас и Б. Энkvист (Niklas, Enquist, 2002) пришли к выводу, что распределение массы листьев, ствола и корней дерева сохраняется у всех семенных растений. Коэффициент детерминации  $R^2$  этих аллометрических соотношений часто превышает 0,95, что склонило исследователей (McCarthy et al., 2007) к предположению, что мы можем объяснить изменчивость распределения фитомассы во всем мировом растительном царстве на 97-99% при условии точного определения аллометрической константы и экспоненты масштабирования в уравнении (5.6).

С учетом изложенного Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2015) решили проанализировать общие соотношения между частями сосудистых растений 1200 видов, произрастающих на пяти материках, на основе беспрецедентной по объему базы данных в количестве 11200 определений массы листвы, ствола и корней, варьирующей от 1 мг (сеянцы в контролируемых условиях) до более 14 т (100-летние деревья).

Одна из главных задач исследования состояла в установлении степени надёжности аллометрических соотношении (5.6) при фиксированной величине экспоненты масштабирования. Фиксированная величина экспоненты масштабирования  $\frac{3}{4}$  для соотношений *листва* ~ *ствол* и *листва* ~ *корни*, предложенная Б. Энkvистом и К. Никласом (Enquist, Niklas, 2002) предполагает, что на каждый процент увеличения массы ствола и корней происходит увеличение массы листвы на 0,75%. Если это действительно как для онтогенетической аллометрии в пределах вида, так и при её сравнении по различным видам, то это будет означать, что скорость относительного роста листвы, ствола и корней будет оставаться строго пропорциональной в процессе роста, и что относительные изменения массы листвы, ствола и корней

будут, как правило, оставаться пропорциональными в ходе эволюции при достаточно длительной смене поколений (Huxley, 1932). Поэтому такой «закон» предполагает наличие жестких ограничений в развитии и эволюции формы и распределения масс в растениях.

Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2015) предложили альтернативу MST-моделям, которую назвали «теорией адаптивного распределения масс» (АРТ). Понимая, что строго пропорциональные рост и эволюция органов не является нормой, они предположили, что развивающиеся растения гибко регулируют относительное количество листовой, стеблевой и корневой массы в зависимости от различных требований, которые должны выполняться на тот или иной момент (Price et al., 2012). АРТ-теория основана на общем положении, согласно которому растения могут изменять соотношения между массами различных органов в зависимости от их требований, и исходит из «теории оптимального распределения масс», которая предсказывает, как растения изменяют соотношение массы листьев, стебля и корней в зависимости от внешних условий (Brouwer, 1963; Bloom et al., 1985).

Согласно этой теории, которая, в свою очередь, разработана по аналогии с теорией оптимального кормления животных (Charnov, 1976), растения наиболее интенсивно депонируют ассимиляты в орган, который захватывает наиболее дефицитный ресурс. Эта теория объясняет общую закономерность наличия меньшей массы листьев и большей массы корней у растений, приспособленных соответственно к более высокой освещенности или нехватке элементов питания (Poorter et al., 2012).

Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2015) экстраполируют эти теоретические основы на случаи изменения в распределении массы в органах растений, что должно происходить, когда относительная физиологическая активность органов растений изменяется в ходе онтогенеза или филогенеза. Ожидается, что в ходе онтогенеза такие изменения происходят даже тогда, когда абиотические условия остаются постоянными. Растения могут предвосхищать подобные ситуации и изменять распределение масс в органах согласно заложенной генетической программе и/или благодаря адаптациям в ходе роста. В ходе эволюции распределение масс в органах будет корректироваться в соответствии с изменениями в размерах растений для обеспечения большего относительного преимущества в их продуктивности с учетом ключевых изменений в физиологии и внешних условиях.

Согласно этим ожиданиям, Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2015) предполагали, что аллометрические соотношения масс динамичны и связаны с размерами растений; что вместо одной неизменной экспоненты имеет место ее смещение в связи с размером растения. Например, когда условия произрастания в наземной и подземной сферах остаются неизменными, молодые деревья будут иметь подобные скорости относительного роста в

каждом из трех органов (Ingestad, Ågren, 1988) и, следовательно, величины всех экспонент масштабирования будут примерно одинаковы. Однако на определенном этапе, и это может быть по своей природе запрограммировано и/или вызвано изменениями состояния окружающей среды, молодые деревья начнут предпочитать отложение ассимилятов в стволики, а не в листву и корни. АРТ также предполагает, что распределение массы в стволы станет еще интенсивнее при наличии конкурентов за свет (Poorter et al., 2012), так как увеличение массы ствола подразумевает лучшие условия для перехвата света и, следовательно, при наличии конкуренции появляется дополнительный бонус в пользу ствола.

В то же время растения, растущие в составе или в подчинении сомкнутого полога, станут на определенном этапе занимать все доступное горизонтальное пространство. Когда индекс листовой поверхности достигает примерно 5, чистое увеличение листовой поверхности уже не приведет к большему перехвату света или большему фотосинтезу (Anten et al., 1995). В этих условиях дополнительное отложение ассимилятов в листву не приведет к большей фиксации углерода, и поэтому экспонента масштабирования в соотношении *листва ~ ствол* будет снижаться в перспективе от 1 до 0. Когда деревья вырастают, увеличение их высоты может создать дополнительные ограничения по водному транспорту в ксилеме вследствие гидравлических ограничений, связанных с высотой деревьев. Потребуется увеличение депонирования ассимилятов в корневую систему (Koch et al., 2004; Steppe et al., 2011). Кроме того, при больших размерах дерева может потребоваться большее отложение ассимилятов в корни для обеспечения его механической устойчивости (Nicoll, Ray, 1996). Таким образом, у очень больших деревьев экспонента масштабирования в соотношении *ствол ~ корни* может увеличиваться от 1 до ещё большей величины и затем - снижаться. Эти предположения полностью подтвердились в ходе анализа упомянутых исходных данных Х. Поортера с соавторами (Poorter et al., 2015), но не на базе модели (5.6), а на основе логарифмического полинома 2-3го порядков:

$$\ln(Pf) = a + b_1 (\ln Pst) + b_2 (\ln Pst)^2, \quad (5.7)$$

$$\ln(Pf) = a + b_1 (\ln Pr) + b_2 (\ln Pr)^2, \quad (5.8)$$

$$\ln(Pst) = a + b_1 (\ln Pr) + b_2 (\ln Pr)^2 + b_3 (\ln Pr)^3, \quad (5.9)$$

где  $Pf$ ,  $Pst$  и  $Pr$  – фитомасса соответственно хвои, ствола и корней.

Путем взятия первой производной от полученных уравнений авторы показали, что вместо постоянной величины в соотношениях (5.7) и (5.8), равной 0,75, экспонента масштабирования  $b$  с увеличением массы ствола в (5.7) снижается с 0,90 до 0,58 (рис. 5.26 а) и в (5.8) с увеличением массы корней снижается с 1,01 до 0,67(рис. 5.26 б). А в (5.9) экспонента масштаби-

рования  $b$  вместо постоянного значения 1,0 с увеличением массы корней вначале возрастает с 0,79 до 1,17, а затем снижается до 0,87 (рис. 5.26 с).

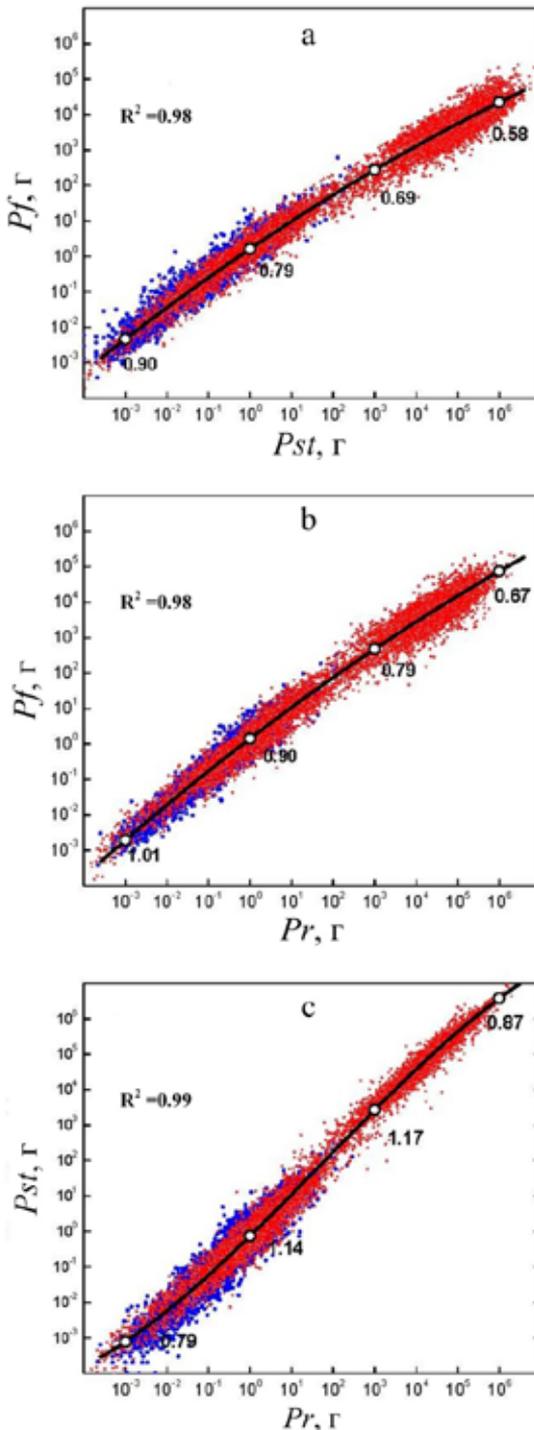


Рис. 5.26. Изменение экспоненты масштабирования (показана цифрами на линиях регрессии) в соотношениях *листва ~ ствол* (а), *листва ~ корни* (б) и *ствол ~ корни* (с) (Poorter et al., 2015).

При анализе аллометрических зависимостей (5.6) устанавливаются соотношения между изменениями, которые определяются различиями в размерах растений. Однако при анализе соотношений между двумя органами для организмов, которые состоят из трех или более компонент, не учитывается общая структура распределения масс (Poorter, Sack, 2012).

Этому условию удовлетворяют функциональные модели распределения масс, которые рассматривают относительные показатели массы и дают приемлемую характеристику общей структуры распределения масс, например, листьев, ствола и корней. При этом масса каждого компонента делится на общую массу

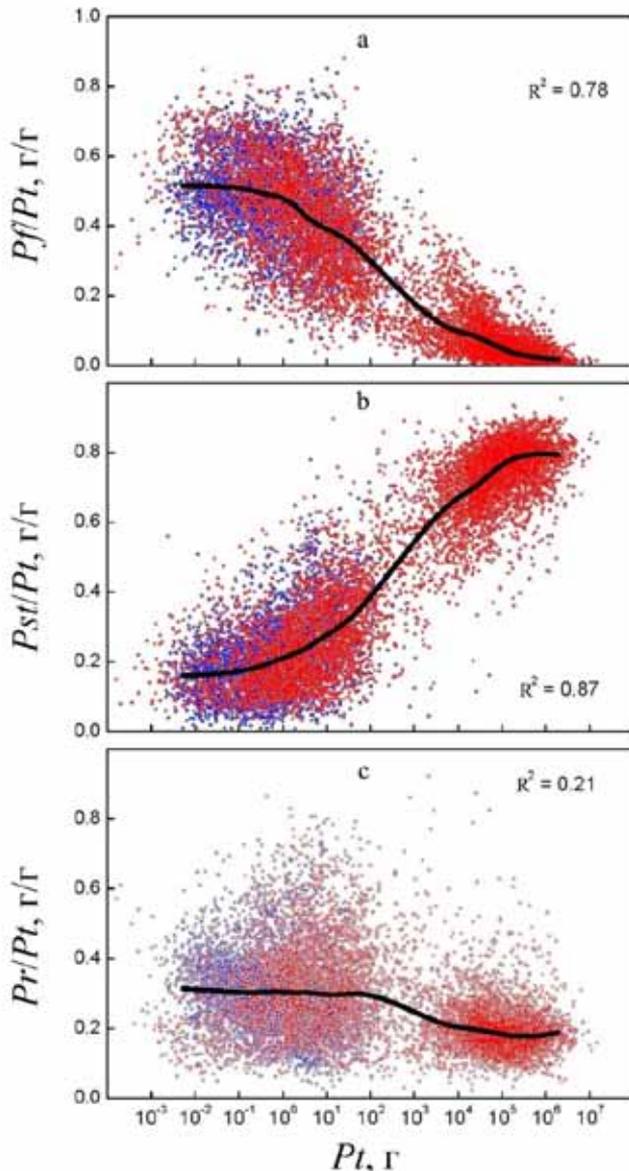
В этой связи Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2015) пытаются установить, какие типичные соотношения существуют между относительными массами листьев, ствола и кор-

ней - с одной стороны и размером растений - с другой. Исходя из теории АРТ, они предполагают, что соотношение масс листвы, ствола и корней будет стабильным для раннего онтогенеза, а затем происходят его непрерывные изменения: у крупных растений доля массы ствола увеличится, а доля массы листвы и корней сократится, причем у крупных растений возможно увеличение массы корней, а масса листвы уменьшится до очень низких значений. На рис. 5.27 показаны результаты аппроксимации исходных данных массы растений, выраженных в относительных показателях (Poorter et al., 2015).

Рис. 5.27. Изменение доли массы листвы (а), ствола (b) и корней (с) в общей массе растения (соответственно  $Pf/Pt$ ,  $Pst/Pt$  и  $Pr/Pt$ ) в связи с изменением общей массы (Poorter et al., 2015).

Теоретические предположения авторов подтвердились в результате регрессионного анализа исходных данных: доля листвы в общей массе растения снижается от 0,5 до очень низких значений, стремящихся к нулю (рис. 5.27 a); доля ствола в общей массе растения, напротив, возрастает примерно от 0,2 до 0,8 (рис. 5.27 b), а доля корней в общей массе снижается (рис. 5.27 c), но незначительно и на статистически не значимом уровне ( $R^2 = 0,21$ ).

Авторы делают вывод, что установленная



ими схема распределения ассимилятов не соответствует теории метаболического масштабирования (MST). Скорее, она поддерживает альтернативную «адаптивную теорию распределения ассимилятов» (АРТ), согласно которой происходит непрерывная корректировка распределения масс в ходе онтогенеза и эволюции (филогенеза). Таким образом, растения адаптируют размеры своих органов не только к внешней среде, но также к физиологической деятельности различных тканей, изменяющейся с увеличением размера и возраста растений (Poorter et al., 2015).

Полученные Х. Поортером с соавторами (Poorter et al., 2015) выводы проверены на материалах сформированной нами базы подеревных данных фитомассы сосны естественного (1950 деревьев) и искусственного (560 деревьев) происхождения, произрастающей на территории Евразии (рис. 5.28). На начальном этапе мы решили выяснить, есть ли различия в соотношениях (5.7-5.9) фитомассы разных фракций деревьев, произрастающих в естественных условиях и в культурах. Было установлено, что различие двух трендов соотношений между различными фракциями, показанное на рис. 5.29, статистически значимо, за исключением соотношения *масса ствола ~ масса корней*.



Рис. 5.28. Распределение пробных площадей, на которых выполнены измерения фитомассы деревьев сосны, на территории Евразии. Красным цветом выделены объекты естественных древостоев, жёлтым – культуры.

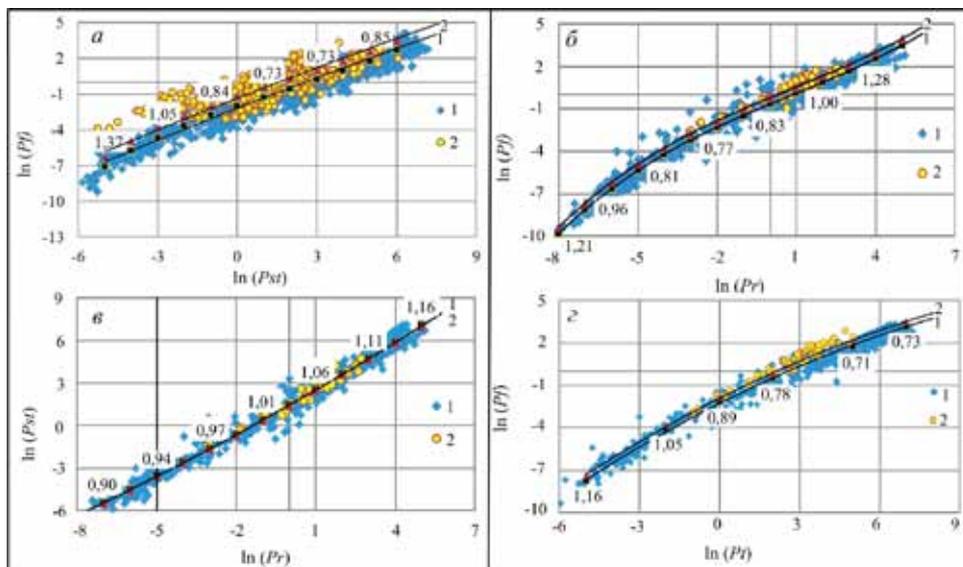


Рис. 5.29. Зависимости (5.7-5.9) массы хвои от массы ствола (а) и от массы корней (б); массы ствола от массы корней (в) и массы хвои от общей массы (г). Здесь и далее: регрессия (1) (синий цвет) для естественных сосняков и (2) (желтый цвет) - для культур.

Согласно изложенной выше теории метаболического масштабирования (MST) зависимость (5.6) имеет универсальный характер в пределах всего растительного царства. При этом, как уже упоминалось, экспонента масштабирования в соотношениях масс *хвоя ~ ствол*, *хвоя ~ корни* и *ствол ~ корни* должна составлять соответственно  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$  и 1,0 (Enquist, Niklas, 2002). Как было показано выше, согласно альтернативной «теории адаптивного распределения масс» (АРТ), экспонента масштабирования с увеличением размера растения не остается постоянной (см. рис. 5.26 и 5.27).

Нет постоянства ее и согласно нашим материалам: величина *b* в соотношении масс *хвоя ~ ствол*, вместо стабильного значения 0,75, снижается с увеличением массы ствола от 1,37 до 0,73, а затем возрастает с 0,73 до 0,85 (см. рис. 5.29 а), в соотношении *хвоя ~ корни*, вместо стабильного значения 0,75, с увеличением массы корней вначале снижается от 1,21 до 0,77, а затем возрастает от 0,77 до 1,28 (см. рис. 5.29 б), в соотношении *ствол ~ корни*, вместо стабильного значения 1,0, возрастает с 0,90 до 1,16 (см. рис. 5.29 с).

Динамика относительных показателей массы разных фракций в связи с общей массой дерева (рис. 5.30) имеет общий тренд с теорией АРТ лишь в отношении массы хвои (см. рис. 5.27 а) и частично - массы корней (см. рис. 5.27 с), а по массе ствола различие существенное, а следовательно, теоретические предпосылки зависимости, показанной на рис. 5.27 б, не подтверждаются нашими результатами.

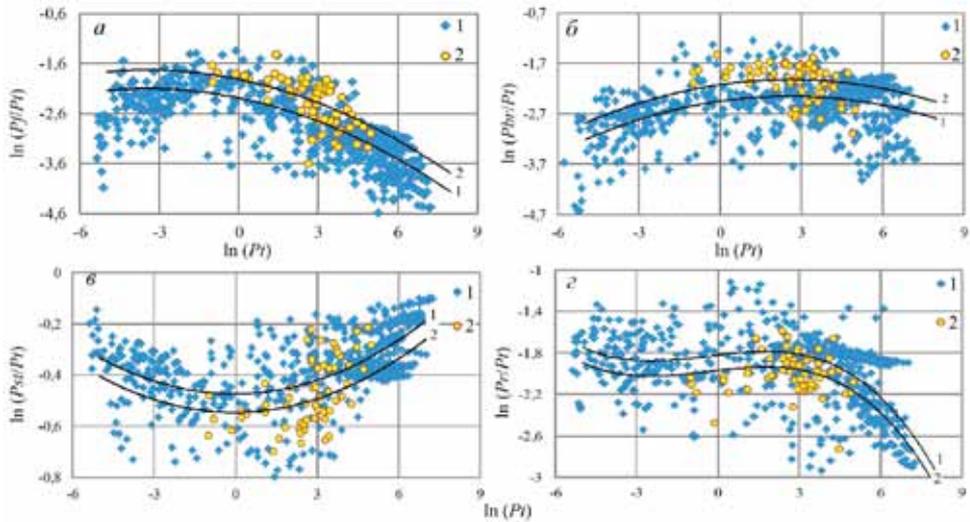


Рис. 5.30. Изменение доли массы листвы (а), ветвей (б), ствола (в) и корней (г) в общей массе растения (соответственно  $Pf/Pt$ ,  $Pbr/Pt$ ,  $Pst/Pt$  и  $Pr/Pt$ ) в связи с изменением общей массы  $Pt$ .

Мы выполнили аналогичный анализ структуры фитомассы деревьев лиственницы, произрастающей в трех экорегионах (Усольцев и др., 2015d): сухой степи Тургайского прогиба, плакорных обитаниях на вечной мерзлоте в низовьях р. Пур и в пойменных условиях там же (соответственно 28, 27 и 80, всего - 135 деревьев).

Чтобы согласовать между собой регрессионные модели биологической продуктивности насаждений разных экорегионов, их объединили в систему с блоковыми фиктивными переменными (Дрейпер, Смит, 1973), которая дает возможность оценить степень “дистанцирования” показателей фитомассы деревьев по различным экорегионам:

$$\ln(Pf) = a + b_1(\ln Pst) + b_2(\ln Pst)^2 + b_3X1 + b_4X2, \quad (5.10)$$

где  $X1$  и  $X2$  – блоковые фиктивные переменные, посредством которых выполнена кодировка принадлежности локальных массивов данных о фитомассе деревьев лиственницы по схеме, представленной в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Схема кодирования массивов данных блоковыми фиктивными переменными

№	Регион, в котором получены данные о фитомассе лиственницы	X1	X2
1	Тургайский прогиб. Культуры лиственницы Сукачёва	0	0
2	Западная Сибирь, лесотундра, плакоры на мерзлоте. Естественные древостои лиственницы сибирской	1	0
3	Западная Сибирь, лесотундра, пойменные террасы. Естественные древостои лиственницы сибирской	0	1

Установили, во-первых, что различие зависимостей (5.10) для первых двух регионов статистически не значимо ( $t=1,7 < t_{0,5}=2,0$ ), и они объединены в один исходный массив (линия регрессии (1) на рис. 5.31). Но уравнения для объединенного массива и для речной поймы различаются ( $t=4,2 > t_{0,5}=2,0$ ), и регрессионные линии сдвинуты относительно друг друга по оси ординат на величину 0,329 (соответственно линии регрессии (1) и (2) на рис. 5.31).

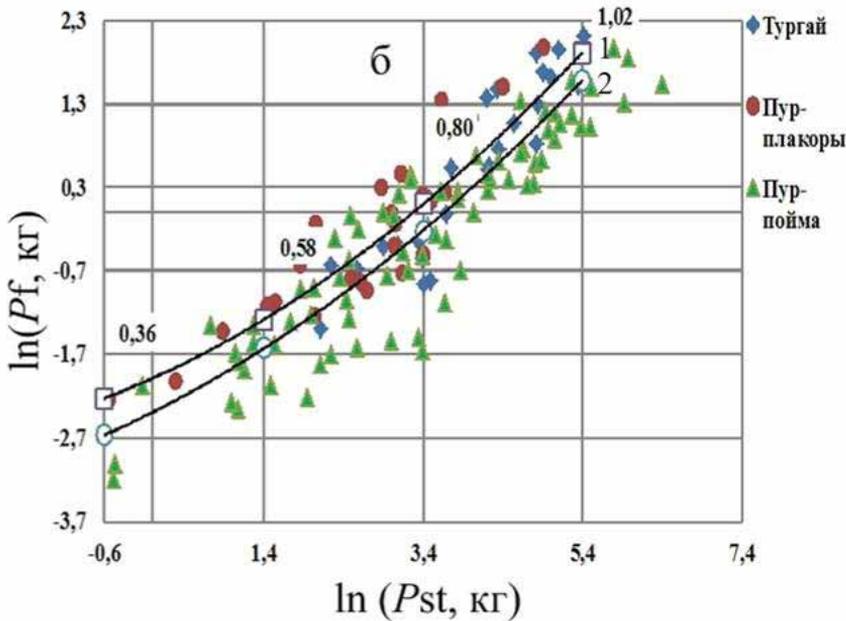


Рис. 5.31. Результаты анализа трёх массивов исходных данных фитомассы деревьев лиственницы: 1 – для Тургайского прогиба и плакоров лесотундры, 2 – для речных пойм лесотундры.

В окончательном варианте уравнение (5.10) имеет вид

$$\ln(Pf) = -1,9895 + 0,4263(\ln Pst) + 0,0550(\ln Pst)^2 - 0,4472(X2). \quad (5.11)$$

Согласно уравнению (5.11) значение  $b$  в соотношении *хвоя ~ ствол* не остается неизменным и возрастает с 0,36 до 1,02 (см. рис. 5.31). Таким образом, мы показали, что в логарифмических координатах поля распределения данных лучше описываются уравнением параболы, а не прямой. Кривизна линий регрессии на рис. 5.26 а, 5.29 а и 5.31 имеет противоречивый характер, что, по сути, исключает какую-либо биологическую их интерпретацию, по крайней мере, ту, которую предложили Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2015).

Анализ относительных показателей фитомассы (по аналогии с таковыми для сосны) выполнен по данным, полученным для фитомассы деревьев лиственницы, на основе уравнения

# Электронный архив УГЛТУ

$$\ln(P_i/P_a) = a + b_1 \ln(P_a) + b_2 (\ln P_a)^2 + b_3 X_1 + b_4 X_2, \quad (5.12)$$

где  $P_i$  – масса  $i$ -й фракции, соответственно хвои ( $P_f$ ) и ствола ( $P_{st}$ ), кг;  $P_a$  – надземная фитомасса, кг.

Характеристика уравнений (5.12) для относительных показателей фитомассы хвои и ствола приведена в табл. 5.8.

*Таблица 5.8*

Характеристика уравнений (5.12) для относительных показателей фитомассы лиственных деревьев

Зависимая переменная	Константы при независимых переменных*					R <sup>2</sup>	Ошибка уравнения
	$a$	$b_1(\ln Pa)$	$b_2(\ln Pa)^2$	$b_3(X_1)$	$b_4(X_2)$		
$\ln(P_f/P_a)$	-2,4065	-0,3568	0,0202	-	-0,3260	0,518	0,35
$\ln(P_{st}/P_a)$	-0,2679	0,0582	-0,0062	-0,0552	0,0341	0,403	0,05

\* Все константы значимы на уровне  $P_{95}$ .

Характер полученных кривых (рис. 5.32) в общих чертах подтверждает концепцию Х. Поортера с соавторами (2015), хорошо известную в биологии и морфологии древесных растений. Однако в лиственныхниках кривые имеют не S-образный, как на рис. 5.27 *а,б*, а монотонный характер, поскольку в наших данных отсутствуют данные соотношения масс растений на ранних стадиях онтогенеза, начиная от проростков. Поскольку диапазон данных фитомассы лиственных деревьев (от 1 до 800 кг) приходится на правую часть поля распределения фактических данных на рис. 5.27 (от  $10^3$  до  $10^6$  г), характер зависимостей в этом диапазоне примерно один и тот же (ср. рис. 5.27 *а,б* и 5.32).

Установлено также, что различие зависимостей (5.12) для ( $P_f/P_a$ ), полученных для первых двух, крайних по экологическим условиям регионов (сухая степь и многолетняя мерзлота на плакорах), статистически не значимо ( $t=1,67 < t_{05}=2,0$ ), и они объединены в один исходный массив (линия регрессии (1,2) на рис. 5.32 *а*). Но уравнения для объединенного массива и для речной поймы различаются ( $t=4,8 > t_{05}=2,0$ ), и регрессионные линии сдвинуты относительно друг друга по оси ординат на величину 0,326 (соответственно линии регрессии (1,2) и (3) на рис. 5.32*а*).

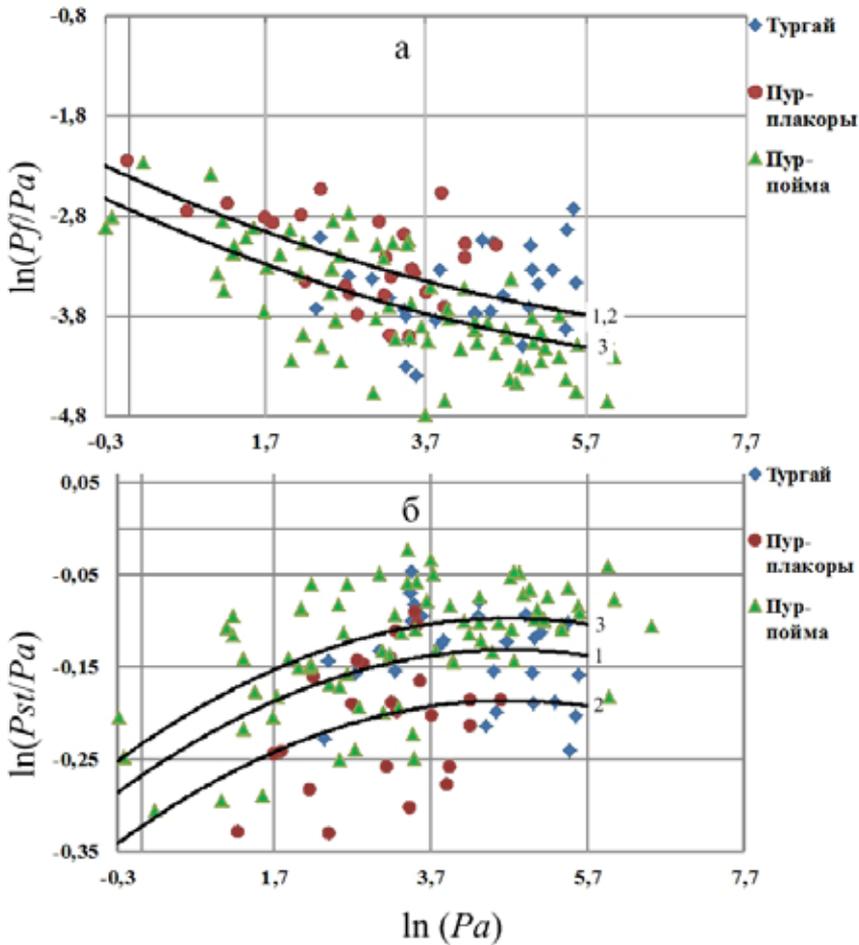


Рис. 5.32. Зависимость относительной массы хвои (а) и ствола (б) от надземной массы растения в лиственничниках трех экорегионов: 1 – Тургайский прогиб, 2 – плакоры лесотундры, 3 – речные поймы лесотундры.

Линии регрессии (5.12) для  $(Pst/Pa)$ , полученные для двух экорегионов в лесотундре, сдвинуты относительно линии, полученной для сухой степи. При этом линия для плакоров сдвинута со знаком «минус» на величину 0,055 относительно линии для сухой степи (см. табл. 5.8), и этот сдвиг статистически значим ( $t=3,6 > t_{05}=2,0$ ). Линия для речных пойм сдвинута со знаком «плюс» на величину 0,034 (см. табл. 5.8) относительно линии для сухой степи, и этот сдвиг также статистически значим ( $t=2,8 > t_{05}=2,0$ ). Таким образом, при одной и той же надземной фитомассе дерева доля ствола в ней в сухой степи больше, чем на плакорях лесотундры, но меньше, чем в поймах там же.

Итак, установлено, что экспонента масштабирования в аллометрическом уравнении (5.6) не является постоянной величиной, как предполагает модель MST, предложенная Г. Вестом. Полученное её значение по нашим

фактическим данным фитомассы в сосняках и лиственничниках не подтверждает и биологическую трактовку по модели АРТ, предложенной Х. Поортером, поскольку характеры полученных кривых по разным исходным данным фитомассы не совпадают, а бывают даже противоположными.

Мы рассмотрели здесь чисто технический вопрос: показали, что в логарифмических координатах поля распределения данных лучше описываются уравнением параболы, а не прямой. Характеры кривых на рис. 5.26, 5.29 и 5.31, а также на рис. 5.27, 5.30 и 5.32 во многом не совпадают, что, по сути, исключает какую-либо биологическую их интерпретацию. Поскольку мы исследуем стохастические процессы, то всегда имеется доверительный интервал, в пределах которого каждое из полученных значений  $b$  является истинным (Усольцев и др., 2015г). Поэтому более продуктивным может быть не сравнительный анализ тех или иных теорий, а изучение и интерпретация доверительных интервалов, характеризующих аналитическое описание исследуемого процесса.

Представленные в данном разделе 5.1.4 материалы позволяют сделать вывод, что дилемма «законы или закономерности» решается в пользу последних. Наличие стохастических закономерностей в распределении фитомасс по разным органам древесных растений неизбежно обуславливают и стохастическую природу зависимостей ПАА от эндо- и экзогенных факторов, которые, как было показано в разделе 5.1.2, отличаются большой неопределённостью.

### *5.1.5. Трансконтинентальные климатические градиенты продуктивности ассимиляционного аппарата (ПАА) лесообразующих древесных пород Евразии*

Для анализа климатически обусловленной географии ПАА лесообразующих пород Евразии нами использованы те же фактические данные о ЧПП и фитомассе насаждений (Usoltsev, 2013), что и в главах 3 и 4 (см. рис. 3.16, 3.17, 3.18). В регрессионные уравнения в качестве «объясняющих изменчивость» независимых переменных, как и в предыдущих главах, мы включаем, наряду с климатическими параметрами, возраст и запас древостоя.

Выполнен многофакторный регрессионный анализ климатически обусловленной (географической) ординации запаса стволовой древесины и ПАА лесных экосистем согласно рекурсивной системе уравнений (стрелкой показана последовательность расчетов):

$$M = f(A, Zon, IC) \rightarrow Za/Pf = f(A, M, Zon, ICKh), \quad (5.13)$$

где  $Za$  – годичный прирост надземной фитомассы древостоя (надземная ЧПП) в абсолютно сухом состоянии, т/га;  $Pf$  – фитомасса хвои (листвы)

древостоя в абсолютно сухом состоянии, т/га;  $A$  – возраст древостоя, лет;  $M$  – запас, м<sup>3</sup>/га;  $Zon$  – номер зонального пояса;  $ICKh$  – индекс континентальности, по Хромову (1957).

В результате получены характеристики уравнений (5.13), приведенные в табл. 5.9.

Таблица 5.9

Характеристика уравнений (5.13)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (5.13)								
	$a_0$	$a_1$ ( $\ln A$ )	$a_2$ ( $\ln A$ ) <sup>2</sup>	$a_3$ ( $\ln M$ )	$a_4$ $\ln(Zon)$	$a_5$ ( $\ln Zon$ ) <sup>2</sup>	$a_6$ ( $\ln ICKh$ )	$R^2$	$SE$
Сосна, подвид <i>Pinus</i>									
$\ln(M)$	-3,4953	3,6729	-0,3804	-	2,1786	-0,9350	-0,2222	0,529	0,65
$\ln(Za/Pf)$	14,851	0,2174	-0,0631	0,1082	-0,6586	0,3878	-3,3712	0,403	0,31
Лиственница									
$\ln(M)$	0,4181	2,5984	-0,2573	-	1,6134	-	-0,6623	0,552	0,51
$\ln(Za/Pf)$	5,4986	-0,3043	-	-0,0701	-	-	-0,7298	0,602	0,22
Ель и пихта									
$\ln(M)$	5,3823	1,8253	-0,1622	-	0,5656	-	-1,1514	0,419	0,48
$\ln(Za/Pf)$	1,4170	-1,7846	0,1674	0,2017	-0,7578	0,6533	0,3522	0,680	0,28
Береза									
$\ln(M)$	-1,1591	1,8329	-0,1529	-	5,2892	-2,4570	-0,3373	0,600	0,50
$\ln(Za/Pf)$	4,5869	-0,2359	-	0,1342	1,8872	-0,8989	-0,9922	0,514	0,20
Осина и тополи									
$\ln(M)$	-7,0907	0,3316	-	-	-5,9973	2,9159	3,0378	0,434	0,37
$\ln(Za/Pf)$	6,1248	-0,3831	-	-0,0478	-0,1050	-	-0,7859	0,744	0,10
Дуб									
$\ln(M)$	1,5112	0,9646	-	-	-0,0972	-	-0,1208	0,359	0,56
$\ln(Za/Pf)$	3,8715	-1,6727	0,1450	0,3987	1,1789	-0,7151	-0,2812	0,704	0,17

В уравнениях, приведенных в табл. 5.9, за редким исключением, все регрессионные коэффициенты при независимых переменных значимы на уровне вероятности  $P_{0,5}$ , что свидетельствует об их адекватности и воспроизводимости результата.

Путем последовательного табулирования уравнений (5.13), приведенных в табл. 5.9, получены возрастные тренды искомым величин для каждого зонального пояса и в зональных поясах – для индексов континентальности климата в пределах от 55 до 95. Окончательные результаты, полученные в виде таблицы возрастных трендов изменения ПАА по зональным поясам и в пределах каждого – в связи с задаваемыми значениями индекса континентальности, приведены в приложении 10.

Из упомянутых таблиц для 3-го зонального пояса и индекса континентальности, равного 75, взяты и представлены в виде графиков возрастные тренды запасов стволовой древесины (рис. 5.33 *а*) и ПАА (рис. 5.33 *б*). Запас стволовой древесины монотонно увеличивается с возрастом, при этом различается у разных древесных пород. При одном и том же возрасте наблюдается снижение запасов в следующем порядке: ель, лиственница, берёза, сосна, дуб и осина с тополями. Величина ПАА с возрастом почти у всех пород монотонно снижается, а при одном и том же возрасте увеличивается в следующем порядке: ель, сосна, берёза, дуб, лиственница и осина с тополями.

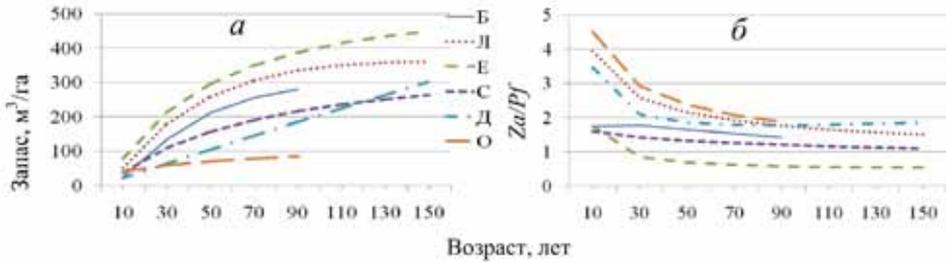


Рис. 5.33. Возрастная динамика расчетных значений запаса стволовой древесины (*а*) и ПАА (*б*). Обозначения древесных пород здесь и далее: С – сосна, Л – лиственница, Е – ель и пихта, Б – берёза, Ос – осина и тополи и Д – дуб.

Далее из расчетных возрастных трендов рекурсивной системы уравнений (5.13) взяты значения ПАА в возрасте 100 лет для хвойных и 50 лет – для березняков и построены соответствующие графики (рис. 5.34). Из этих графиков следует, что в направлении с севера на юг ПАА у листопадных пород в основном снижается, а у вечнозеленых ели и сосны в диапазоне от 2-го до 5-го зональных поясов возрастает. По мере увеличения континентальности климата ПАА всех пород снижается, наиболее интенсивно в сосняках, менее интенсивно – в листопадных и практически не изменяется в елово-пихтовых сообществах. Причины подобных расхождений пока установить не представляется возможным. Необходимо дальнейшее наполнение базы данных и поиск иных алгоритмов моделирования связей ПАА с иными климатообусловленными факторами.

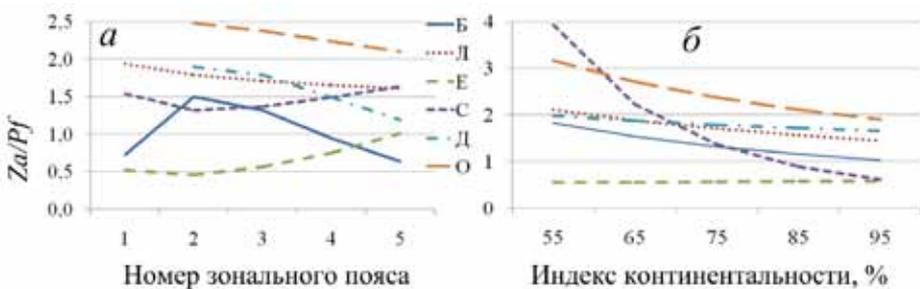


Рис. 5.34. Связь расчётных значений ПАА в возрасте насаждений 100 лет для хвойных и дубовых и 50 лет для березняков и осинников с зональной принадлежностью при индексе континентальности 75 (*а*) и с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (*б*).

## Заключение по главе 5.

Чисто теоретическая предпосылка взаимообусловленности фитомассы и ЧПП распространяется также на связь между массой (поверхностью) ассимиляционного аппарата и годичной продукцией фитомассы дерева или древостоя. Последняя активно исследуется в древостоях всех лесообразующих пород, начиная с XIX столетия, и характеризуется корреляцией на уровне 0,80-0,99. Показано, что масса хвои (листвы) дерева связана не только с годичным приростом ствола, но одновременно - с возрастом, высотой дерева и диаметром его ствола.

На уровне древостоя исследуется связь ЧПП (в том или ином объеме) с массой листвы или индексом листовой поверхности (LAI), которая, однако, в чистом виде не существует и корректируется влиянием возраста древостоя, добротности местопроизрастания, густотой, давностью прореживания, интенсивностью опада и отпада фракций фитомассы. В общем случае способность растительных сообществ аккумулировать органическое вещество зависит от степени перехвата солнечной энергии лесным пологом. Линейный характер связи прироста фитомассы с LAI соответствует условиям неполного перехвата солнечной энергии древесным пологом и по мере приближения уровня названного перехвата к 100%-му характер зависимости меняется с линейного на асимптотический либо колоколообразный.

Продуктивность ассимиляционного аппарата (ПАА) (foliage efficiency), определяемая величиной ЧПП, приходящейся на единицу массы ассимиляционного аппарата, является важной характеристикой продукционного процесса (так же, как ЧПП и УдЧПП). Изменение ПАА деревьев в пределах древостоя в зависимости от класса роста характеризуется в древостоях разных пород, разного возраста и различной морфологии совершенно неоднозначными трендами: убывающим, возрастающим и колоколообразным.

В возрастной динамике древостоев ПАА изменяется обычно по колоколообразной кривой, по-видимому, сопряженной с динамикой годичного прироста фитомассы (ЧПП) и напряженностью конкурентных отношений в древостоях. Варьируя в древостоях разных пород, показатели ПАА в древостоях листопадных пород в целом выше по сравнению с вечнозелеными. Они изменяются также в связи с эдафическими факторами и уровнем атмосферных загрязнений, снижаясь, как по мере снижения добротности местопроизрастаний, так и с повышением интенсивности загрязнений.

Одна из причин большого диапазона варьирования ПАА как при разных, так и при идентичных уровнях экзо- и эндогенных факторов, возможно, состоит в том, что ход биопродукционного процесса определяется не только величиной того или иного показателя ПАА, но и спецификой распределения прироста между фракциями как дерева, так и древостоя. Анализ

различных теорий распределения ассимилятов между фракциями фитомассы показал, что никаких «законов» в этой области нет, а есть лишь закономерности, исключающие какую-либо биологическую их интерпретацию. Поскольку мы исследуем стохастические процессы, то всегда имеется доверительный интервал, в пределах которого каждая из закономерностей является истинной. Поэтому более продуктивным может быть не сравнительный анализ тех или иных теорий и «законов», а изучение и интерпретация доверительных интервалов, характеризующих аналитическое описание исследуемого процесса.

На основе сформированной базы данных ЧПП и фитомассы сосняков, лиственничников, елово-пихтарников, березняков, насаждений *Populus* и *Quercus* на территории от Великобритании до Японии и юга Китая установлены статистически значимые трансконтинентальные изменения ПАА. Установлено, что запас стволовой древесины монотонно увеличивается с возрастом и различается у разных древесных пород. При одном и том же возрасте наблюдается снижение запасов в следующем порядке: ель, лиственница, берёза, сосна, дуб и осина с тополями. Величина ПАА с возрастом почти у всех пород монотонно снижается, а при одном и том же возрасте увеличивается в следующем порядке: ель, сосна, берёза, дуб, лиственница и осина с тополями.

В направлении с севера на юг ПАА спелых древостоев листопадных пород в основном снижается, а у вечнозеленых ели и сосны в диапазоне от 2-го до 5-го зональных поясов возрастает. По мере увеличения континентальности климата ПАА спелых древостоев всех пород снижается, наиболее интенсивно в сосняках, менее интенсивно – в листопадных и практически не изменяется в елово-пихтовых сообществах. Причины подобных расхождений пока установить не представляется возможным. Необходимо дальнейшее наполнение базы данных и поиск иных алгоритмов моделирования связей ПАА с иными климатообусловленными факторами.

## ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первые сведения о климатических градиентах растительного покрова Евразии были разработаны русскими учеными В.В. Докучаевым и В.Л. Комаровым, давшими представление о его соответственно широтной и меридиональной зональности. В 1940-60 гг. на основе интегральных климатических индексов С. Патерсона, И. Века, Ж. Пардэ были составлены первые карты растительного покрова, Л.Р. Холдриджом разработана трёхфакторная схема классификации растительных формаций земного шара, Н.И. Базилевич и Л.Е. Родиным на основе фактических данных о биологической продуктивности растительного покрова планеты составлены первые в мире картосхемы продуктивности главнейших типов растительности суши.

В последние годы на основе накопленных фактических данных о биологической продуктивности лесов даны их распределения по широтному градиенту и показаны убывающие тренды в направлении от экватора к северному и южному полюсам (Anderson et al., 2006; Huston, Wolverton, 2009). Обсуждаются принципы и возможности оценки биологической продуктивности лесов с помощью современных математических моделей в ориентации на изменения климата в XXI веке (Корзухин, 2015).

В отношении закономерностей изменения биологической продуктивности лесного покрова в связи с основными определяющими факторами - температурой и количеством осадков – сложилась парадоксальная ситуация: если первые попытки подобного анализа были успешными, и получены статистически значимые её зависимости от того и другого факторов (Lieth, 1974), то по мере накопления фактических данных о биологической продуктивности проследить достаточно чёткие зависимости стало невозможно (Luysaert et al., 2007), хотя, казалось бы, при большем числе наблюдений искомые зависимости должны быть более значимыми. Возможные причины, по крайней мере, две: анализировался обезличенный по породному составу материал и игнорировалась возрастная и морфологическая структура древесной растительности.

В предложенной монографии предпринята первая попытка выявить закономерности изменения биологической продуктивности лесных фитоценозов по основным лесообразующим породам (родам) с учетом их возраста и морфологии в двух климатически обусловленных градиентах Евразии – природной зональности и степени континентальности климата – на основе сформированной автором наиболее представленной на сегодня базы данных о фитомассе и первичной продукции лесов в количестве более 8 тыс. определений.

Проанализирована биологическая продуктивность лесов по четырём ее показателям: (1) фитомассе, выраженной в тоннах абсолютно сухого вещества на 1 га, (2) чистой первичной продукции (ЧПП) как количества фитомассы,

произведенной насаждением на единице площади в единицу времени, (3) удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) как отношения ЧПП к величине фитомассы, выражаемой в относительных единицах или в процентах и (4) продуктивности ассимиляционного аппарата (ПАА), определяемой величиной ЧПП, приходящейся на единицу массы ассимиляционного аппарата.

Исследование трансконтинентальных трендов биологической продуктивности лесных фитоценозов выполнено на уровне многофакторного регрессионного анализа, при этом в качестве независимых переменных в уравнения включены принадлежность пробной площади к тому или иному зональному поясу и характеристика ее местоположения величиной индекса континентальности. Поскольку фактические данные о биологической продуктивности представлены в широком диапазоне возраста и морфологических характеристик, для обеспечения сопоставимых показателей биопродуктивности разработана система рекурсивных уравнений, в первом звене которой рассчитываются зависимости морфологических показателей от возраста древостоев, дифференцированные по зональным поясам и индексам континентальности, а во втором выполняется «привязка» к ним показателей биопродуктивности. Из полученных возрастных трендов искомым показателям, распределенных по зональным поясам и индексам континентальности, взяты их значения в возрасте 50 лет для мелколиственных и 100 лет для остальных пород (родов) и построены графики, характеризующие трансконтинентальные изменения этих значений как по зональному градиенту, так и по градиенту континентальности климата.

(1) Установлено, что по зональному градиенту фитомасса всех хвойных монотонно возрастает с выходом на плато или незначительным снижением в направлении от северной к южной оконечности материка, а в пределах одного зонального пояса монотонно снижается в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии, как у хвойных, так и у лиственных. Характер изменения фитомассы лиственных по зональному градиенту иной: имеется максимум в северном умеренном зональном поясе с постепенным снижением в направлении к субэкваториальному. Фитомасса нижнего яруса имеет минимальные значения у подрода *Pinus* в северном умеренном и у *Quercus* – в южном умеренном поясе, увеличиваясь в северном и южном направлениях, а у остальных пород монотонно возрастает в направлении к субэкваториальному поясу. В пределах одного зонального пояса по мере приближения к полюсу континентальности фитомасса у подрода *Pinus* и родов *Betula* и *Quercus* монотонно понижается, а у остальных пород – увеличивается. Отношение подземной фитомассы к надземной по зональному градиенту у подрода *Pinus* находится в максимуме в умеренном поясе, понижаясь в северном и южном направлениях, у всех лиственных в южном направлении монотонно повышается, а у остальных пород – снижается.

(2) Показано, что по зональному градиенту надземная и общая ЧПП сосняков и елово-пихтарников монотонно возрастает в направлении от северной к южной оконечности материка, лиственничники и березняки имеют максимум в 3-м и древостой *Populus* – во 2-м зональных поясах, а по дубовым древостоям чёткой закономерности не выявлено. В пределах одного зонального пояса надземная и общая ЧПП монотонно снижается в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии, как у хвойных, так и у лиственных. ЧПП нижнего яруса у всех пород, за исключением дуба, монотонно возрастает в направлении к субэкваториальному поясу. Для дубовых фитоценозов чёткой закономерности не выявлено. В пределах одного зонального пояса по мере приближения к полюсу континентальности ЧПП нижнего яруса у подрода *Pinus* и рода *Quercus* монотонно понижается, а у остальных пород – увеличивается.

Отношение подземной ЧПП к надземной по зональному градиенту у подрода *Pinus* находится в максимуме в умеренном поясе, понижаясь в северном и южном направлениях, у всех лиственных в южном направлении монотонно повышается, а у остальных пород – снижается. Аналогичные закономерности были установлены и по соотношению названных фитомасс. В пределах одного зонального пояса по мере приближения к полюсу континентальности отношение подземной ЧПП к надземной в лиственничниках, елово-пихтарниках и дубняках монотонно снижается, а у остальных пород возрастает.

Отношение ЧПП нижнего яруса к общей (надземной и подземной) ЧПП древостоя по зональному градиенту в сосняках, лиственничниках и елово-пихтарниках находится в минимуме во 2-м зональном поясе, повышаясь в северном и южном направлениях, в дубняках минимум приходится на 3-4 пояса, а у остальных лиственных в южном направлении монотонно повышается. В пределах одного зонального пояса отношение ЧПП нижнего яруса к общей ЧПП древостоя по мере приближения к полюсу континентальности в сосняках снижается, в дубовых насаждениях имеется максимум при индексе континентальности 75%, а у остальных пород монотонно возрастает. Таким образом, не выявлено общих для всех древесных пород закономерностей изменения фитомассы и ЧПП в двух трансконтинентальных климатических градиентах.

(3) Выявлены статистически значимые трансконтинентальные изменения УдЧПП надземной, подземной и нижнего яруса. Однако между древесными породами (родами) обнаружены существенные расхождения в полученных закономерностях, которым пока нельзя дать приемлемое объяснение. Возможная причина – игнорирование скорости опада и отпада фитомассы, которая может быть видоспецифичной и существенно различаться в климатически обусловленных градиентах. Необходимы дальнейшие исследова-

дования. Информация о величине УдЧПП в насаждениях разного породного состава и морфоструктуры имеет не только фундаментальное, но и прикладное значение: зная величины УдЧПП и фитомассы, можно расчетным путем получить значения ЧПП насаждения, не прибегая к закладке соответствующих пробных площадей.

(4) Установлены статистически значимые трансконтинентальные изменения ПАА и стволового запаса. Запас стволовой древесины монотонно увеличивается с возрастом и различается у разных древесных пород. При одном и том же возрасте наблюдается снижение запасов в следующем порядке: ель, лиственница, берёза, сосна, дуб и осина с тополями. Величина ПАА с возрастом почти у всех пород монотонно снижается, а при одном и том же возрасте увеличивается в следующем порядке: ель, сосна, берёза, дуб, лиственница и осина с тополями. В направлении с севера на юг ПАА спелых древостоев листопадных пород в основном снижается, а у вечнозеленых ели и сосны в диапазоне от 2-го до 5-го зональных поясов возрастает. По мере увеличения континентальности климата ПАА спелых древостоев всех пород снижается, наиболее интенсивно в сосняках, менее интенсивно – в листопадных и практически не изменяется в елово-пихтовых сообществах. Причины подобных расхождений пока установить не представляется возможным.

Изложенные закономерности получены впервые и имеют предварительный характер: по мере дальнейшего наполнения базы фактических данных о биологической продуктивности насаждений, в особенности ЧПП, применения более совершенных расчётных алгоритмов и в связи с изменением климата они могут быть подвержены смещениям.

Результаты исследования могут быть полезны в менеджменте биосферных функций лесов, они дают предварительное представление о возможных смещениях показателей биологической продуктивности лесов в связи со сдвигами широтной и меридиональной зональности под влиянием изменения климата.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Абаимов А.П.* Леса мерзлотной зоны Сибири: региональные особенности, природная и антропогенная динамика // Структурно-функциональная организация и динамика лесов / Материалы Всероссийской конференции. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2004. С. 244-246.

*Абаимов А.П., Карпель Б.А., Коропачинский И.Ю.* О границах ареалов сибирских видов лиственницы // Ботан. журн. 1980. Т. 65. № 1. С. 118-120.

*Адлер Ю.П., Горский В.Г.* Предисловие к русскому изданию // Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 1 / Дрейпер Н. И Смит Г. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.

*Адлер Ю.П., Горский В.Г.* Предисловие к русскому изданию // Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 2 / Дрейпер Н, Смит Г. М.: Финансы и статистика, 1987. 352 с.

*Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279с.

*Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.* Прикладная статистика: Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985. 487 с.

*Алексеев В.А.* Световой режим леса. Л.: Наука, 1975. 227 с.

*Алисов Б.П., Полтараус Б.В.* Климатология. М.: Изд-во МГУ, 1974. 300 с.

*Андрущенко А.П.* Надземная фитомасса сосновых культур в разных типах леса // Труды Харьковского с.-х. ин-та. 1976. Т. 225. С. 52-59.

*Антанайтис В.В.* Введение // Закономерности лесной таксации: Методическое пособие. Каунас: Литовская сельскохозяйственная академия, 1976. С. 5-10.

*Антанайтис В.В., Загреев В.В.* Прирост леса. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 200 с.

*Антанайтис В.В., Тябера А.П., Шяпетене Я.А.* Законы, закономерности роста и строения древостоев: Методическое пособие. Каунас: Литовская сельскохозяйственная академия, 1986. 157 с.

*Анучин Н.П.* Лесная таксация. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 532 с.

*Арманд Д.Л.* Функциональные и корреляционные связи в физической географии // Известия ВГО. 1949. № 1. С. 81-94.

*Арманд Д.Л.* Опыт математического анализа связи между типами растительности и климатом // Известия ВГО. 1950. № 1. С. 19-50.

*Базилевич Н. И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.

*Базилевич Н.И., Дроздов А.В., Родин Л.Е.* Продуктивность растительного покрова Земли, общие закономерности размещения и связь с факторами климата // Журнал общей биологии. 1968. Т. 29. № 3. С. 261-271.

*Базилевич Н.И., Родин Л.Е.* Картограммы продуктивности и биологического круговорота главных типов растительности суши // Изв. ВГО. 1967. Т. 99. № 3. С. 190-194.

*Базилевич Н.И., Гребеничиков О.С., Тишков А.А.* Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.

*Базилевич Н.И., Титлянова А.А.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 381 с.

*Байзаков С.Б.* Некоторые закономерности накопления древесной зелени в сосновых лесах Казахстана и перспективы ее промышленного использования: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Алма-Ата: КазСХИ, 1969. 28 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. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1999. С. 28 - 29.

*Бобкова К. С., Тужилкина В. В., Кузин С. Н.* Углеродный цикл в еловых экосистемах северной тайги // Экология. 2006. № 1. С. 23-31.

*Бобкова К.С.* Еловые леса // Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера. СПб.: Наука, 2001. С. 52-68.

*Борисов А.А.* Климаты СССР. М.: Просвещение, 1967. 296 с.

*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: Бурятский ин-т естественных наук, 1971. С. 156-180 (Труды Бурятского ин-та естеств. наук. Вып. 9).

*Будыко М.И., Ефимова Н.А.* Использование солнечной энергии природным растительным покровом на территории СССР // Ботан. журнал. 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.

*Вальтер Г.* Растительность земного шара. Т. 3. М.: Прогресс, 1975. 429 с.

*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: Автореф. дис. ...докт. биол. наук. Красноярск: ИЛ СО РАН им. В.Н. Сукачева, 2005. 60 с.

*Верзунов А.И.* Рост лиственницы и устойчивость культурных фитоценозов с ее господством на полугидроморфных почвах лесостепи Северного Казахстана // Экология. 1980. № 2. С. 38 - 44.

*Верзунов А.И.* Влияние почвенно-грунтовых условий на формирование корневых систем сосны и лиственницы в степных борах Казахстана // Экология. 1986. № 5. С. 69-71.

*Вернадский В.И.* Биосфера. Избр. тр. по биогеохимии. М.: Мысль, 1967. 376 с.

*Виленкин Б.Я.* Взаимодействующие популяции // Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978. С. 5-16.

*Витковский В.Л., Чувашина Н.П.* Уникальная коллекция // Природа. 1987. № 10. С. 75.

*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.

*Воробейчик Е.В.* Статическая аллометрия в случае существенно неоднородных выборок: опасность артефакта // Сибирский экологический журнал. 2001. № 5. С. 631-636.

*Воронин П.Ю., Коновалов П.В., Блондинский В.К., Кайбияйнен Л.К.* Хлорофильный индекс и фотосинтетический сток углерода в лесах Северной Евразии // Физиология растений. 2004. № 51. С. 390-395.

*Ворощук А.Н.* Имитация развития экологических систем и системный анализ // Число и мысль. Вып. 5. М., 1982. С. 142-175.

*Габеев В.Н.* Экология и продуктивность сосновых лесов. Новоси-бирск: Наука, 1990. 229 с.

*Германова Н.И.* Разложение опада как показатель интенсивности круговорота элементов в лесных насаждениях Южной Карелии // Лесоведение. 2000. № 3. С. 30-35.

*Григорьев А.А., Будыко М.И.* О периодическом законе географической зональности // Докл. АН СССР. 1956. Т. 110. № 1. С. 129-132.

*Гудочкин М.В., Чабан П.С.* Леса Казахстана. Алма-Ата: Казах. гос. изд-во, 1958. 323 с.

*Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Гульбе А.Я., Ермолова Л.С.* Удельная продуктивность фитомассы древостоев основных лесобразующих пород // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии. Материалы международной конференции. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. С. 197-200.

*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.

*Деревья и кустарники СССР. Т. 2. М.; Л.: АН СССР, 1951. 612 с.*

*Докучаев В.В.* Место и роль современного почвоведения в науке и жизни // Ежегодник по геол. и минерал. России. Вып. 3. СПб, 1899. С. 4-16.

*Дрейнер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.

*Дрейнер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. Кн. 1. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.

*Дрейпер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. Кн. 2. М.: Финансы и статистика, 1987. 351 с.

*Дроздов А.В.* Продуктивность зональных наземных растительных сообществ и показатели водно-теплового режима территории // Общие теоретические проблемы биологической продуктивности. Л.: Наука, 1969. С. 33-39.

*Дылис Н.В.* Основы биогеоценологии. М.: Изд-во МГУ, 1978. 152 с.

*Дылис Н.В., Носова Л.М.* Фитомасса лесных биогеоценозов Подмосковья. М.: Наука. 1977. 143 с.

*Дюльдин А.А.* Коэффициент вариации и аллометрия // Экология. 1973. № 6. С. 97-99.

*Ермоленко П.М., Ермоленко Л.Г.* Высотно-поясные особенности роста кедра и пихты в Западном Саяне // Формирование и продуктивность древостоев. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. С. 19-53.

*Загреев В.В.* Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 240 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., 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.

*Зыряев А.Г.* Соотношение между массой хвои и текущим приростом у лиственницы сибирской // Лесное хозяйство. 1964. № 4. С. 28-29.

*Иванов Л.А.* Физиология растений. Л.: Гослестехиздат, 1936. 386 с.

*Иванов Л.А., Коссович Н.Л.* О работе ассимиляционного аппарата различных древесных пород. Часть 1. Сосна // Журнал Русского ботанического общества. 1930. Т. XV. Вып. 3. С. 195-240.

*Иванов Л.А., Коссович Н.Л.* О работе ассимиляционного аппарата древесных пород // Ботанический журнал. 1932. Т. XVII. № 1. С. 37-41.

*Иванчиков А.А.* Фитомасса сосняков Карелии и ее изменение с возрастом древостоев // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1974. С. 37- 51.

*Ивахненко А.Г.* Самообучающиеся системы распознавания и автоматического управления. Киев: Техника, 1969. 392 с.

*Ивахненко А.Г.* Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наукова Думка, 1982. 296 с.

*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, 1973. С. 335-350.

*Казарян В.О.* Старение высших растений. М.: Наука, 1969. 314 с.

*Казимиров Н.И.* Ельники Карелии. Л.: Наука, 1971. 140 с.

*Казимиров Н.И., Волков А.Д., Зябченко С.С., Иванчиков А.А., Морозова Р.М.* Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера. Л.: Наука, 1977. 304 с.

*Кайрюкитис Л.А.* Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 208 с.

*Карпачевский Л.О.* Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. 264 с.

*Кашапов Р.Ш.* О балансе органического углерода в природно-хозяйственной системе Башкортостана // Изв. РГО. 2002. Т. 134. Вып. 3. С. 39-42.

*Клейнен Дж.* Статистические методы в имитационном моделировании. Вып. 2. М.: Статистика, 1978. 335 с.

*Колтунова А.И.* Моделирование роста и продуктивности древостоев (на примере некоторых лесообразующих пород Северной Евразии): Автореф. дис... д.с.-х.н. – 06.03.02. Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. 40 с.

*Комаров В.Л.* Меридиональная зональность организмов // Дневник I всероссийского съезда русских ботаников в Петрограде. Вып. 3. Петроград, 1921. С. 27-28.

*Корзухин М.Д.* Расчетные оценки влияния изменения климата на продуктивность лесов (обзор подходов) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2015. Т. XXVI. № 2. С. 33-58.

*Коропачинский И.Ю.* Древесные растения Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 383 с.

*Коссович Н.Л.* Влияние рубок ухода на ассимиляцию, освещение и прирост ели в елово-лиственном древостое // Рубки ухода за лесом. Л.: ЦНИИЛХ, 1940. С. 90-135.

*Коссович Н.Л.* Фотосинтез и продуктивность 45-летних елей в елово-лиственном древостое в результате рубок ухода 6-летней давности // Световой режим, фотосинтез и продуктивность леса. М.: Наука, 1967. С. 129-150.

*Кофман Г.Б.* Приложения теории подобия к анализу роста и изреживания древостоев: Автореф. дис. ...канд. физ.-мат. наук. Красноярск: Ин-т физики СО АН СССР, 1981. 23 с.

*Кофман Г.Б.* Уравнения роста и онтогенетическая аллометрия // Математическая биология развития. М.: Наука, 1982. С. 49-55.

*Кофман Г.Б.* Рост и форма деревьев. Новосибирск: Наука, 1986. 211 с.

*Кофман Г.Б., Кузьмичев В.В.* Подобие в процессе роста и изреживания древостоев // Пространственно-временная структура лесных биогеоценозов. Новосибирск: Наука, 1981. С. 125-151.

*Кузьмичев В.В.* Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.

*Кулагина М.А.* Биологическая продуктивность и круговорот микроэлементов // Продуктивность сосновых лесов. М.: Наука, 1978. С. 90-178.

*Курнаев С.Ф.* Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.

*Лавренко Е.М., Андреев В.Н., Леонтьев В.Л.* Профиль продуктивности наземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням // Ботан. журн. 1955. Т. 40. № 3. С. 415-419.

*Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И.* Физиология древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1974. 424 с.

*Лит Х.* Моделирование первичной продуктивности Земного шара // Экология. 1974. № 2. С. 13-23.

*Лосицкий К.Б., Чуенков В.С.* Эталонные леса. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 192 с.

*Львов П.Н., Ипатов Л.Ф.* Изменение таксационных показателей древостоев ельника черничного в связи с зональностью лесов европейского Севера // Лесной журн. 1973. № 6. С. 14-17.

*Люддегорд Г.* Влияние климата и почвы на жизнь растений (пер. с нем.). М.: Сельхозгиз, 1937. 387 с.

*Мазуров В.Д.* Формальное и неформальное в математическом моделировании задач планирования и диагностики // Число и мысль. Вып 10. М., 1987. С. 54-74.

*Мак-Лоун Р.Р.* Математическое моделирование – искусство применения математики // Математическое моделирование. М.: Мир, 1979. С. 9-20.

*Маринов М.Д., Желязков П., Шипковенски Д., Раев И., Стоянова Н.* Структура и динамика на биомасата в представителни букови насаждения от Средна Стара планина // Горскостопанска наука. 1983. Т. 20. № 5. С. 3-17 (болг.).

*Мина Н.В., Клевезаль Г.А.* Рост животных. М.: Наука, 1976. 291 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.

*Митропольский А.К.* Об установлении корреляционных уравнений по способу Чебышева // Изв. АН СССР, сер. матем. 1937. Т. 1. С. 125-134.

*Митропольский А.К.* О множественных нелинейных корреляционных уравнениях // Изв. АН СССР, сер. матем. 1939. Т. 3. С. 399-406.

*Митрофанов Д.П.* Оценка продуктивности северо-таежных лесов Сибири // Продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1984. С. 95-102.

*Моисеев Н.Н.* Коэволюция человека и биосферы: кибернетические аспекты // Кибернетика и ноосфера. М.: Наука, 1986. С. 68-81.

*Молчанов А.А.* Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 488 с.

*Молчанов А.А.* Научные основы ведения хозяйства в дубравах лесостепи. М.: Наука, 1964. 255 с.

*Молчанов А.А.* Продуктивность органической массы в лесах различных зон. М.: Наука, 1971. 275 с.

*Молчанов А.М.* О работе А. Я. Хинчина // Математическое моделирование биологических процессов. М.: Наука, 1979. С. 117-119.

*Морозов Г.Ф.* Учение о лесе. М.; Л.: Сельколхозгиз, 1931. 440 с.

*Москалюк Т.А.* Запасы и структура растительной массы древостоев в основных типах лиственничников Северного Охотоморья // Лесоведение. 1980. № 2. С. 32-39.

*Мухин В. А.* Скорость биодеструкции древесины в северных районах Западно-Сибирской равнины // 3-я Всес. конф. по биоповреждениям. Донецк, 19-21 окт., 1987. Тез. докл. Ч. 1. М., 1987. С. 35-36.

*Нагимов З.Я.* Масса и продуктивность ассимиляционного аппарата в сосновых древостоях Среднего Урала // Лесная геоботаника и биология древесных растений / Сб. науч. тр. Брянск: Брянский технолог. ин-т, 1987. С. 62-68.

*Назимова Д.И.* Климатическая ординация лесных экосистем как основа их классификации // Лесоведение. 1995. № 4. С. 63-73.

*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 // Научные записки Воронежского лесохозяйственного ин-та. Т. 9. Воронеж: Воронежское областное книгоиздательство, 1946. С. 121-148.

*Наумов А.В.* Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 208 с.

*Нильсон А.М.* Дискретные и непрерывные модели экологических явлений // Проблемы современной экологии. Тарту, 1978. С. 54-55.

*Нинов Н.* Постижения и задачи на изследованята в областта на биологичния кръговрат на елементите и веществата в екосистемите в България // Горскостопанска наука. 1986. Т. 23. № 2. С. 3-11 (болг.).

*Норицина Ю.В.* Биологическая продуктивность березы в связи с происхождением и географией насаждений: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. 23 с.

*Одум Ю.* Основы экологии. Пер. 3-го англ. изд. М.: Мир, 1975. 740 с.

*Орлов М.М.* Лесная вспомогательная книжка для таксации и технических расчетов. М.: Государственное техническое изд-во, 1928. 757 с.

*Орлов М.М.* Лесная таксация. 3-е изд. Л.: Изд. журн. «Лесное хоз-во и лесн. пром-сть», 1929. 532 с.

*Оскретков М.Я.* Изменение количества и качества хвои сосны в зависимости от полноты и возраста древостоев // Тр. Брянского лесохозяйственного ин-та. Т. 7. 1956. С. 29-37.

*Оськина Н.В.* Почвенные условия и продуктивность фитомассы сосновых насаждений приокских террас в Московской области: Автореф. дис.... канд. с.-х. наук. М.: МЛТИ, 1982. 16 с.

*Паламарчук И.В.* Закономерности роста и накопления фитомассы естественных сосняков (на примере Северной Евразии): Автореф. дис. ...канд. биол. наук. 03.02.01. Оренбург: ОГПУ, 2013. 24 с.

*Палуметс Я.К.* Опыт моделирования распределения фитомассы ели // Лесоведение. 1990. № 3. С. 43-48.

*Панченко Т.М.* Продуктивность кедрового стланика в фитоценозах юга Магаданской области // Ботан. журн. 1985. Т. 70. № 1. С. 67-76.

*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 Международной Биологической Программе. 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: Книжное изд-во, 1969. 120 с.

*Полозова Л.Г.* О характеристике континентальности климата // Известия Всесоюзного географического общества. 1954. Т. 86. № 5. С. 412-422.

*Полякова Н.Ф.* Соотношения между массой листвы, приростом древесины и транспирацией // ДАН СССР. 1954. Т. 96. № 6. С. 1261-1263.

*Полякова Н.Ф.* Изменение с возрастом массы листвы в дубовых древостоях // Молодые лесоводы – сорокалетию Великого Октября. М., 1957. С. 17-25.

*Полякова-Минченко Н.Ф.* Облиствение широколиственных насаждений степной зоны // Сообщ. Лаборатории лесоведения АН СССР. 1961. Вып. 4. С. 40-53.

*Пристова Т. А.* Круговорот веществ во вторичном лиственно-хвойном насаждении средней тайги // Научные доклады Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 489. Сыктывкар, 2006. С. 1-20.

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) // Растительные ресурсы. 1967. Т. 3. Вып. 4. С. 612-620.

*Протопопов В.В., Грибов А.И.* Элементы первичной продуктивности и биометрические показатели березовых древостоев Западного Саяна // Лесоведение. 1971. № 1. С. 32-36.

*Пшеничникова Л.С.* Формирование и продуктивность сосново-лиственных молодняков // Продуктивность сосновых лесов. М.: Наука, 1978. С. 45-68.

*Рачко П.* Имитационная модель роста дерева // Журн. общ. биологии. 1978. Т. 39. № 6. С. 563-571.

*Рачко П.* Имитационная модель динамики роста дерева как элемента биогеоценоза // Проблемы кибернетики. 1979. Вып. 52. С. 73-111.

*Риклефс Р.Е.* Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 424 с.

*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, 1965. 253 с.

*Розенберг Г.С., Феклистов П.А.* Прогнозирование годичного прироста древесных растений методами самоорганизации // Экология. 1982. № 4. С. 43-51.

*Росс Ю.К.* Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 344 с.

*Санников С.Н.* Экологическая оценка естественного возобновления сосны в припышминских борах-зеленомошниках: дис. ...канд. биол. наук. Свердловск: АН СССР, Уральский филиал, 1965. 359 с. (Фонды Института экологии растений и животных УрО РАН).

*Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В.* Очерки по теории лесной популяционной биологии. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 273 с.

*Сафонов М.А.* Скорость микогенной деструкции древесины в лесах Южного Приуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. Т. 2. Естественные и технические науки. 2006. № 2. С. 18 – 21.

*Себер Дж.* Линейный регрессионный анализ. М: Мир, 1980. 456 с.

*Сидаравичюс Й.М.* Изменение биологической продуктивности деревьев при различном уровне атмосферного загрязнения // Закономерности роста и производительности древостоев. Каунас: ЛитСХА, 1985. С. 228-230.

*Смагин В.Н., Семечкин И.В., Поликарпов Н.П., Тетенькин А.Е., Бузыкин А.И.* 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, 1971. 362 с.

*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: Книжн. изд-во, 1971. С. 83-93.

*Соколов И.М.* Фракталы // Квант. 1989. № 5. С. 6-13.

*Тарасов М. Е.* Методические подходы к определению скорости разложения древесного детрита // Лесоведение. 2002. № 5. С. 32-38.

*Тимофеев-Ресовский Н.В.* Биосфера и человечество // Научные труды Обнинского отделения Географ. общества СССР. Т. 1. Ч. 1. Обнинск, 1968. С. 3-12.

*Титлянова А. А., Тесаржова М.* Режимы биологического круговорота. Новосибирск: Наука, 1991. 150 с.

*Толмачев А.И.* Основы учения об ареалах: Введение в хорологию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1962. 100 с.

*Тулохонов А.К., Пуцукова 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.

*Турский Г.М.* Очерки по теории прироста. М.: Кооперативное изд-во «Жизнь и знание», 1925. 72 с.

*Тутубалин В.Н., Барабашева Ю.М., Григорян А.А., Девяткова Г.Н., Угер Е.Г.* Математическое моделирование в экологии: Историко-методологический анализ. М.: Языки русской культуры. 1999. 208 с.

*Тюрюканов А.Н., Федоров В.М.* Н.В. Тимофеев-Ресовский: Биосферные раздумья. М.: Ассоциация “Космонавтика–Человечеству”, 1996. 368 с.

*Тябера А.П.* Принципы исследований строения древостоев по толщине деревьев // Лесной журнал. 1980. № 1. С. 5-9.

*Тябера А.П.* Географические закономерности производительности основных древостоев // Лесная таксация и лесоустройство. Каунас: ЛитСХА, 1988. С. 139-147.

*Усольцев В.А.* Элементы биологической продуктивности березово-осиновых лесов Северного Казахстана: Автореф. дис... канд. с.-х. наук - 06.03.03. Екатеринбург: Уральский лесотехнический институт, 1973. 26 с.

*Усольцев В.А.* Применение регрессионного анализа при исследовании возрастной динамики фитомассы березы и осины // Лесоведение. 1976а. № 1. С. 35-39.

*Усольцев В.А.* Формирование ствола у березы семенного и порослевого происхождения в аспекте аллометрического роста // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1976б. № 7. С. 83-88.

*Усольцев В.А.* Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1985. 191 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3353>).

*Усольцев В.А.* Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, Сибирское отд-ние, 1988. 253 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3352>).

*Усольцев В.А.* Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 216 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3376>).

*Усольцев В.А.* Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 541 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3224>).

*Усольцев В.А.* Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 708 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3280>).

*Усольцев В.А.* Регрессия в пассивном эксперименте: от Налимова – к Нагимову // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития.

Вып. 3. Брянск: БГИТА, 2002а. С. 50-54 ([http://science-bsea.bgita.ru/2002/leskomp\\_2002/usoltsev\\_regres.htm](http://science-bsea.bgita.ru/2002/leskomp_2002/usoltsev_regres.htm)).

*Усольцев В.А.* Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002б. 762 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3302>).

*Усольцев В.А.* Фитомасса лесов Северной Евразии: предельная продуктивность и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 406 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3303>).

*Усольцев В.А.* О применении регрессионного анализа в лесоводственных задачах // Лесная таксация и лесоустройство (международ. научно-практич. журн.). 2004а. № 1 (33). С. 49-55.

*Усольцев В.А.* О некоторых принципах формирования и использования базы данных о фитомассе лесов // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2004б. С. 102-104.

*Усольцев В.А.* Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 636 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281>).

*Усольцев В.А.* Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 570 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2606>).

*Усольцев В.А.* География биологической продуктивности кедровых экосистем в Азии // Эко-Потенциал (Екатеринбург). 2013. № 1-2. С. 47-67 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2716>).

*Усольцев В.А.* Лесные арабески, или Этюды из жизни наших деревьев. Изд. 2-е, дополненное. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2014а. 161 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3686>).

*Усольцев В.А.* География удельной первичной продукции фитомассы лесов и неопределенности ее оценки и интерпретации // Эко-Потенциал. 2014б. № 1(5). С. 139-163 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/3186/1/Usoltsev.pdf>).

*Усольцев В.А., Усольцева Ю.В., Залесов С.В.* Изменение фитомассы березняков по уральскому меридиану // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: Матер. Всерос. конфер. Красноярск: СибГТУ, 2001. С. 159-163.

*Усольцев В.А., Канунникова О.В., Платонов И.В.* Исследование ошибок при оценке углеродного пула лесов посредством аллометрических моделей // Современные проблемы устойчивого управления лесами, инвентаризации и мониторинга лесов. Материалы международной конференции. С.-Петербург: С.-ПбГЛТА, 2006. С. 363-370.

*Усольцев В.А., Азаренок В.А., Бараковских Е.В., Накай Н.В.* Депонирование и динамика углерода в фитомассе лесов уральского региона // Лесная таксация и лесоустройство. 2009. № 1(41). С. 108-115.

*Усольцев В.А., Накай Н.В., Уразова А.Ф., Борников А.В., Жанабаева А.С., Бергман И.Е.* Углерододепонирующая способность лесов: базы данных, ме-

тоды оценки, география // Генетика, экология, и география дендропопуляций и ценоэкосистем. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 84-92.

*Усольцев В.А., Воронов М.П., Часовских В.П.* Чистая первичная продукция лесов Урала: методы и результаты автоматизированной оценки // Экология. 2011. № 5. С. 334-343.

*Усольцев В.А., Воробейчик Е.Л., Бергман И.Е.* Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения: Исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 365 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/458>).

*Усольцев В.А., Гаврилин Д.С., Колтунова А.И., Борников А.В.* География чистой первичной продукции древостоев рода *Larix* в пределах Евразии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (46). С. 8-11 (<http://orensau.ru/ru/nauka/izvestija>).

*Усольцев В.А., Субботин К.С., Часовских В.П.* Изменение удельной первичной продукции сосновых насаждений по трансконтинентальным климатическим градиентам Евразии // Эко-потенциал. 2015б. № 3(11). С. 24-31 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4808>).

*Усольцев В.А., Часовских В.П., Норицин Д.В.* Возрастная динамика и структура фитомассы деревьев ели и пихты в лесах Евразии // Эко-потенциал. 2015в. № 4(12). С. 10-12 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/5224/1/Usoltsev.pdf>).

*Усольцев В.А., Гаврилин Д.С., Субботин К.С.* Фитомасса деревьев лиственницы на северном и южном пределах и составление справочно-нормативных таблиц // Эко-Потенциал. 2015д. № 2(10). С. 7-16 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4305>).

*Усольцев В.А., Часовских В.П., Норицина Ю.В.* Географические градиенты чистой первичной продукции березовых лесов Евразии // Экология. 2015а. № 3. С. 1-9 (DOI: 10.7868/S0367059715030129).

*Усольцев В.А., Кофман Г.Б., Субботин К.С., Гаврилин Д.С.* О моделировании распределения ассимилятов в фитомассе деревьев // Перспективы развития науки и образования: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 28 февраля 2015 г.: в 13 частях. Часть 4. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015г. С. 152-154 (<http://ucom.ru/doc/conf/2015.02.28.04.pdf>).

*Уткин А.И.* Биологическая продуктивность лесов: Методы изучения и результаты // Лесоведение и лесоводство: Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ, 1975. Т. 1. С. 9-189.

*Уткин А.И.* Изучение пулов и потоков углерода на уровнях экосистемы и территориального комплекса // Стационарные лесоэкологические исследования: методы, итоги, перспективы. Матер. и тезисы докладов. Сыктывкар, 2003. С. 9-12.

*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. Материалы Всероссийской конференции. Красноярск: Ин-т леса СО РАН им. В.Н. Сукачева, 2004. С. 477- 479.

*Хильми Г.Ф.* Энергетика и продуктивность растительного покрова суши. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 62 с.

*Хлюстов В.К., Макаренко А.А.* Зависимость текущего прироста от полноты древостоев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1983. № 8. С. 88-91.

*Хромов С.П.* К вопросу о континентальности климата // Изв. Всесоюзного географического общества. 1957. Т. 89. № 3. С. 221-225.

*Цельникер Ю.Л.* Дыхание корней и его роль в углеродном балансе древостоя // Лесоведение. 2005. № 6. С. 11-18.

*Чагина Е.Г.* Биологический круговорот в сосняках разной продуктивности // Почвенные факторы продуктивности сосняков. Новосибирск: Наука, 1976. С. 168-190.

*Чернышев В.Д.* Пути физиолого-энергетических адаптаций хвойных в экстремальных условиях // Биологические проблемы Севера. VI-й симпозиум. Вып. 5. Якутск: Ин-т биологии ЯФ СО АН СССР, 1974. С. 13-17.

*Чернявский Н.В.* Подход к разработке количественной оценки типов леса УССР // Современные проблемы лесной типологии / Под ред. Л.П. Рысина. М.: Наука, 1985. С. 72-75.

*Чертов О.Г., Комаров А.С., Зудин С.Л., Михайлов А.В.* Базовая модель роста дерева, основанная на экологических параметрах // Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах. М.: Наука, 2007. С. 147- 156.

*Четыркин Е.М.* Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 200 с.

*Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 367с.

*Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нильссон С.* Материалы к познанию современной продуктивности лесов России // Базовые проблемы перехода к устойчивому управлению лесами России – учет лесов и организация лесного хозяйства: Матер. международного семинара. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. С. 5-37.

*Шмидт В.М.* Аллометрический рост органов растений // Применение математических методов в биологии. Л.: ЛГУ, 1969. Вып. 4. С. 109 – 116.

*Шмитхюзен И.* Общая география растительности (пер. с нем.). М.: Прогресс, 1966. 310 с.

*Элайс Т.С.* Североамериканские деревья. Определитель / Перевод с англ. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2014. 959 с.

*Яблоков А.С.* Культура лиственницы и уход за насаждениями. М.: Гослестехиздат, 1934а. 128 с.

*Яблоков А.С.* Лиственница европейского севера // Физико-механические свойства древесины дуба, лиственницы, березы и сосны. М.: Гослестехиздат, 1934б. С. 89-135.

*Яновский Л.Н., Моисеев В.С.* Лесная таксация: методические указания по учёту древесной зелени. Л.: ЛЛТА, 1985. 39 с.

*Ярошенко П.Д.* Основы учения о растительном покрове. М.: Госгеографиздат, 1950. 217 с.

*Ågren G.I., Ingestad T.* Root:shoot ratio as a balance between nitrogen productivity and photosynthesis // *Plant, Cell & Environment*. 1987. Vol. 10. P. 579-586.

*Akaike H.* A new look at statistical model identification // *IEEE Transactions on Automatic Control*. 1974. AU-19. P. 716-723.

*Albrektson A.* Relations between tree biomass fractions and conventional silvicultural measurements // *Ecological Bulletins*. 1980. No. 32. P. 315-327.

*Albrektson A., Aronsson A., Tamm C.O.* The effect of forest fertilization on primary production and nutrient cycling in the forest ecosystem // *Silva Fennica*. 1977. Vol. 11. No. 3. P. 233-239.

*Albrektson A., Valinger E.* Relations between tree height and diameter, productivity and allocation of growth in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sample tree material // *Crop Physiology of Forest Trees* / Tigerstedt P.M.A., Puttonen P., Koski V. (eds.). Helsinki: University of Helsinki, 1985. P. 95-105.

*Anderson K.J., Allen A.P., Gillooly J.F., Brown J.H.* Temperature-dependence of biomass accumulation rates during secondary succession // *Ecology Letters*. 2006. No. 9. P. 673-682.

*Anten N.P.R., Schieving F., Medina E., Werger M.J.A., Schuffelen P.* Optimal leaf area indices in C3 and C4 mono- and dicotyledonous species at low and high nitrogen availability // *Physiologia Plantarum*. 1995. Vol. 95. P. 541-550.

*Assmann E.* Waldertragskunde: Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München, Bonn, Wien: BLV Verlagsgesellschaft, 1961. 492 S.

*Backman G.* Drei Wachstumsfunktionen (Verhulst's, Gompertz', Backman's) // *Wilhelm Roux' Arch. Entwicklungsmechanik der Organismen*. 1938. Nr. 138. S. 37-58.

*Barnsley M.* Fractals everywhere. Boston: Academic Press Inc., 1988. 396 p.

*Bartelink H.H.* A model of dry matter partitioning in trees // *Tree Physiology*. 1998. Vol. 18. P. 91-101.

*Bengtsson L.* From short-range barometric modelling to extended-range global weather predictions: a 40-year perspective // *Tellus*. 1999. Vol. 51A-B. P. 13-32.

*Berezovskaya F.S., Karev G.P., Kisliuk O.F. Khlebopros R.G., Tselniker Yu.L.* Fractal approach to computer-analytical modeling of tree crown // Internal Report IC/92/267. Miramare-Trieste, 1993. 12 p.

*Bloom A.J., Chapin F.S., Mooney H.A.* Resource limitation in plants - an economic analogy // Annual Review of Ecology and Systematics. 1985. Vol. 16. P. 363-392.

*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.

*Boysen Jensen P.* Die stoffproduktion der Pflanzen. Jena: Gustav Fischer, 1932. 108 s.

*Borders B.E., Bailey R.L.* A compatible system of growth and yield equations for slash pine fitted with restricted three-stage least squares // Forest Science. 1986. V. 32. No 1. P. 185-201.

*Bray J.R.* Root production and the estimation of net productivity // Canadian Journal of Botany. 1963. Vol. 41. P. 65- 72.

*Brix H.* Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Douglas-fir: relative contribution of foliage quantity and efficiency // Can. J. For. Res. 1983. Vol. 13. P. 167-175.

*Bröms E., Axelsson B.* Variation in carbon allocation pattern as a base for selection in Scots pine // Tigerstedt P.M.A., Puttonen P., Koski V. (eds.). Crop physiology of forest trees. Proceedings, Intern. Conference. Helsinki, 1985. P. 81-93.

*Brouwer R.* Some aspects of the equilibrium between overground and underground plant parts // Jaarboek van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek aan Landbouwgewassen. 1963. P. 31–39 (ГОЛЛ.).

*Brouwer R.* Root growth of grasses and cereals // The Growth of Cereals and Grasses. F.L. Milthorpe and D.J. Ivins (eds.). Butterworths, London, 1966. P. 153-166.

*Brouwer R.* Functional equilibrium: sense or nonsense? // Netherlands Journal of Agricultural Science. 1983. Vol. 31. P. 335-348.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. I. Mitteilung: die Weymouthsföhre // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1929. Bd. XV. H. 2. S. 243-292.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. II. Mitteilung: die Douglasie // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1935. Bd. XIX. H. 1. S. 20-72.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. III. Mitteilung: Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1937. Bd. XX. H. 1. S. 100-114.

*Burger H.* Der Kronenaufbau gleichalteriger Nadelholzbestände // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1939a. Bd. XXI. H. 1. S. 5-57 (Sonderabdruck).

*Burger H.* Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1939b. Bd. XXI. H. 1. S. 147-176.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. IV. Mitteilung: Ein 80 jähriger Buchenbestand // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1940. Bd. XXI. H. 2. S. 306-348.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. V. Mitteilung: Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1941. Bd. XXII. H. 1. S. 9-62.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. VI. Mitteilung: Ein Plenterwald mittlerer Standortgüte. Der bernische Staatswald Toppwald im Emmental // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1942. Bd. XXII. H. 2. S. 376-445.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. VII. Mitteilung: Die Lärche // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1945. Bd. XXIV. H. 1. S. 7-103.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. VIII. Mitteilung: Die Eiche // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1947. Bd. XXV. H. 1. S. 210-279.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. IX. Mitteilung: Die Föhre // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1948. Bd. XXV. H. 2. S. 432-493.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. X. Mitteilung: Die Buche // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1950. Bd. XXVI. H. 2. S. 418-468.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. XI. Mitteilung: Die Tanne // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1951a. Bd. XXVII. S. 246-286.

*Burger H.* Aufastung, Entnadelung und Zuwachs bei jungen Fichten und Föhren // Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn. 1951b. Bd. 47. S. 8-16.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. XII. Mitteilung: Fichten im Plenterwald // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1952. Bd. XXVIII. S. 108-156.

*Burger H.* Holz, Blattmenge und Zuwachs. XIII. Mitteilung: Fichten in gleichaltrigen Hochwald // Mitt. Schweiz. Anstalt Forstl. Versuchswesen. 1953. Bd. XXIX. S. 38-130.

*Busse W.* Baumkrone und Schaftzuwachs // Forstwissenschaftl. Centralblatt. 1930. Bd. 52. S. 310-318.

*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., 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) // Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali. 1989. Vol. 37. P. 373-399 (итал.).

*Cannell M.G.R.* World forest biomass and primary production data. London: Academic Press, 1982. 391 p.

*Cannell M.G.R.* The scientific background // Biomass forestry in Europe: a strategy for the future. (Hummel F., Palz W., Grassi G., eds.). London & New York: Elsevier Applied Science, 1988. P. 83-140.

*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., Sheppard L.J., Ford E.D., Wilson R.H.F.* Clonal differences in dry matter distribution, wood specific gravity and foliage "efficiency" in *Picea sitchensis* and *Pinus contorta* // Sivaе Genetica. 1983. Vol. 32. P. 195-202.

*Charnov E.L.* Optimal foraging, the marginal value theorem // Theoretical Population Biology. 1976. Vol. 9. P. 129-136.

*Clark D.A., Brown S., Kicklighter D.W., Chambers J.Q., Thomlinson J.R., Ni J.* Measuring net primary production in forests: concepts and field methods // Ecological Applications. 2001. Vol. 11. No. 2. P. 356-370.

*Clutter J.L.* Compatible growth and yield models for loblolly pine // Forest Science. 1963. V. 9. No 3. P. 354-371.

*Conrad V.* Usual formulas of continentality and their limits of validity // Trans. Amer. Geophys. Union. 1946. Vol. 27. P. 663-664.

*Councler E.* Über den Gehalt dreien auf gleichem Boden erwachsenen Nadelbäume: Tanne, Fichte, Lärche - an Trockensubstanz, Stickstoff und Mineralstoffen // Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1886. Bd. 18. S. 35—375, 417—441.

*Davidson R.L.* Effect of root/leaf temperature differentials on root/shoot ratios in some pasture grasses and clover // Annals of Botany (N.S.). 1969. Vol. 33. No. 131. P. 561-569.

*DeAngelis D.L., Gardner R.H., Shugart H.H.* Productivity of forest ecosystems studied during the IBP: The woodlands data set // Reichle D. E. (ed.). Dynamic properties of forest ecosystems. IBP-23. Cambridge: Univ. Press, 1981. P. 567-672.

*Dengler A.* Kronengrösse, Nadelmenge und Zuwachsleistung von Altkiefern // Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1937. Jahrgang 69. S. 321-336.

*Dhar P.K., Giuliani A.* Laws of biology: why so few? // Systems and Synthetic Biology. 2010. Vol. 4. P. 7-13.

*Dubois E.* Sur le rapport du poids de l'encéphale avec la grandeur du corps chez les mammifères // Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris. 1897. Vol. 8. P. 337-376.

*Duhamel du Monceau H.L.* La physique des arbres; où il est traité de l'anatomie des plantes et de l'économie végétale: pour servir d'introduction au "Traité complet des bois et des forests". Volumes 1 à 2. Paris: Chez H.L. Guérin et L.F. Delatour, 1758.

*Ebermayer E.* Die gesammte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues (Resultate der forstlichen Versuchsstationen Bayerns). Berlin: Springer, 1876. 416 S.

*Ehrich R.L.* Cash-futures price relationships for live beet cattle // Amer. J. Agric. Econ. 1969. Vol. 51. P. 26-40.

*Enquist B.J., Niklas K.J.* Invariant scaling relations across tree-dominated communities // Nature. 2001. Vol. 410. P. 655-660.

*Enquist B.J., Niklas K.J.* Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants // Science. 2002. Vol. 295. P. 1517-1520.

*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. 132 p.

*Ezekiel M.* The cobweb theorem // Q. J. Econ. 1938. Vol. 53. P. 255-280.

*Fang J., Liu G., Xu S.* Biomass and net productivity of forest vegetation in China // Acta Ecologica Sinica. 1996. Vol. 16. No. 5. P. 497-508 (кит., рез. англ.).

*Fassnacht K.S., Gower S.T.* Interrelationships among the edaphic and stand characteristics, leaf area index and aboveground net primary production of upland forest ecosystems in north central Wisconsin // Can. J. For. Res. 1997. Vol. 27. P. 1058-1067.

*Fisher R.A.* The influence of rainfall on the yield of wheat at Rothamsted // Phil. Trans. Roy. Soc. 1924. Vol. 213. P. 89-142.

*Ford E.D.* High productivity in a polestage Sitka spruce stand and its relation to canopy structure // Forestry. 1982. Vol. 55. No. 1. P. 1-17.

*Forrest W.G., Ovington J.D.* Organic matter changes in an age series of *Pinus radiata* plantations // Journal of Applied Ecology. 1970. Vol. 7. P. 177-186.

*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.

*Fujimori T.* Primary productivity of a young *Tsuga heterophylla* stand and some speculations about biomass of forest communities on the Oregon coast. USDA Forest Service. Research paper PNW – 123. 1971. 11 p.

*Furnival G.M., Wilson R.W.* Systems of equations for predicting forest growth and yield // Statistical Ecol. 1971. Vol. 3. P. 43-55.

*Gales K.* Effects of water supply on partitioning of dry matter between roots and shoots in *Lolium perenne* // Journal of Applied Ecology. 1979. Vol. 16. P. 863-877.

*Galton F.* Co-relations and their measurement chiefly from anthropometric data // Proceedings of the Royal Society of London. 1888. Vol. 45. P. 135-145.

*Geleznoff N.I.* Recherches sur la quantité et la répartition de l'eau dans la tige des plantes // Bull. de l'acad. de St-Petersbourg. 1875. XXII, No. 3.

*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.

*Gill R.A., Jackson R.B.* Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems // *New Phytol.* 2000. Vol. 147. P. 13-31.

*Gould S.* Allometry and size in ontogeny and phylogeny // *Biological Reviews.* 1966. Vol. 41. P. 587-640.

*Gower S.T., Richards J.H.* Larches: Deciduous conifers in an evergreen world // *BioScience.* 1990. Vol. 40. No. 11. P. 818-826.

*Gower S.T., McMurtrie R.E., Murty D.* Aboveground net primary production decline with stand age: potential causes // *Tree.* 1996. Vol. 11. No 9. P. 378-382.

*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.

*Groff P.A., Kaplan D.R.* The relation of root systems to shoot systems in vascular plants // *The Botanical Review.* 1988. Vol. 54. P. 387-422.

*Halvorsen R.* Residential demand for electric energy // *Rev. Econ. and Stat.* 1975. Vol. 57. P. 12-18.

*Harlan J.R.* The living fields: Our agricultural heritage. United Kingdom: Cambridge University Press, 1995.

*Harlow A.A.* A recursive model of the hog industry // *Agric. Econ. Res.* 1962. Vol. 14. P. 1-12.

*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 // *Young H.E.* (ed.) IUFRO biomass studies. Orono: University of Maine, USA, 1973. P. 43-64.

*Hartig R.* Wachstumsuntersuchungen an Fichten // *Forstlich-Naturwissenschaftl. Zeitschrift.* 1896. Bd. 5. S. 1-15, 33-45.

*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.

*Hou L., Xi W., Zhang S.* Effect of understory on a natural secondary forest ecosystem carbon budget // *Russian Journal of Ecology.* 2015. Vol. 46. No. 1. P. 51-58.

*Houghton J.T., Filho L.G.M., Callander B.A., Harris N., Kattenberg A., Maskell K.* Climate change 1995 // *The science of climate change.* Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 572 p.

*Huston M.A., Wolverton S.* The global distribution of net primary production: resolving the paradox // *Ecological Monographs.* 2009. V. 79. No. 3. P. 343-377 ([http://www.academia.edu/244228/The\\_global\\_distribution\\_of\\_net\\_primary\\_production\\_resolving\\_the\\_paradox](http://www.academia.edu/244228/The_global_distribution_of_net_primary_production_resolving_the_paradox)).

*Huxley J.* Problems of relative growth. Methuen & Co., London, 1932. 296 p.

*Ineson P., Jones H.F., Heal O.W.* Regional aspects of forests in Europe: A preliminary study of *Pinus sylvestris* // State and Change of Forest Ecosystems – Indicators in Current Research / Ågren, G.I. (ed.). Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Ecology & Environmental Research. 1984. Report No. 13. P. 315-332.

*Ingestad T., Ågren G.I.* Nutrient uptake and allocation at steady-state nutrition // *Physiologia Plantarum*. 1988. Vol. 72. P. 450-459.

*Iwasa Y., Roughgarden J.* Shoot/root balance of plants: optimal growth of a system with many vegetative organs // *Theoretical Population Biology*. 1984. Vol. 25. P. 78-105.

*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.

*Jarvis P.G.* Increasing forest productivity and value of temperate coniferous forest by manipulating site water balance // *Forest Potentials: Productivity and Value*. Weyerhaeuser Science Symposium, 4. Washington, 1985. P. 39-74.

*Jarvis P.G., Leverenz J.W.* Productivity of temperate, deciduous and evergreen forests // *Encyclopedia of Plant Physiology 12D. Physiological Plant Ecology IV. Ecosystem Processes: Mineral Cycling, Productivity and Man's Influence*. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York, 1983. P. 233-280.

*Jiang H., Apps M.J., Zhang Y., Peng C., Woodard P.M.* Modelling the spatial pattern of net primary productivity in Chinese forests // *Ecological Modelling*. 1999. Vol. 122. P. 275-288.

*Kajihara M.* Crown form, crown structure and the relationship between crown dimensions and leaf fresh weight of hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) // *Bull. of Kyoto Prefectural University Forests*. 1981. Vol. 25. P. 11-28.

*Kajihara M.* Relationship between crown dimensions and stem volume increment in sugi (*Cryptomeria japonica*) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) // *Bull. of Kyoto Prefectural University Forests*. 1982. Vol. 26. P. 16-23.

*Kajimoto T., Kurachi N., Chiba Y., Utsugi H., Ishizuka M.* Effects of external factors on growth and structure of *Pinus pumila* scrub in Mt. Kinpu, Central Japan // *Climate change and plants in East Asia*. K. Omasa, K. Kai, H. Taoda, Z. Uchijima, M. Yoshino, eds. Tokyo: Springer-Verlag, 1996. P. 149-156.

*Kajimoto T., Osawa A., Usoltsev V.A., Abaimov A.P.* Biomass and productivity of Siberian larch forest ecosystems // A. Osawa et al. (eds.). *Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010. P. 99-122 (Ecological Studies. Vol. 209) (DOI: 10.1007/978-1-4020-9693-8).

*Kallio P.* The essence of biology in the North // *Nordia*. 1984. Vol. 18 (2). P. 53–65.

*Keeling H.C., Phillips O.L.* The global relationship between forest productivity and biomass // *Global Ecology and Biogeography*. 2007. Vol. 16. P. 618-631.

*Keller W.* Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz // *Eidgenössisch Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitteilungen*. 1978. Bd. 54. Heft. 1. S. 3-98.

*Kern K.G.* Die Beziehungen zwischen einigen Kronenkennwerten und dem Nadel Trockengewicht bei Fichte und Tanne // Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. 1962. Jahrgang 133. S. 13 -18.

*King D.A.* A model analysis of the influence of root and foliage allocation on forest production and competition between trees // Tree Physiology. 1993. Vol. 12. P. 119-135.

*Kittredge J.I.* Estimation of amount of foliage of trees and stands // J. of Forestry. 1944. Vol. 42. No. 11. P. 905-912.

*Kleiber M.* Body size and metabolism // Hilgardia. 1932. Vol. 6. P. 315–351.

*Knoch K., Schulze A.* Methoden der Klimaklassifikation. Ergänzungsheft Nr. 249 zu “Petermanns Geographischen Mitteilungen”. Gotha: Justus Perthes Verlag, 1952. 87 p.

*Koch G.W., Sillett S.C., Jennings G.M., Davis S.D.* The limits to tree height // Nature. 2004. Vol. 428. P. 851-854.

*Krankina O.N., Houghton R.A., Harmon M.E., Hogg E.H., Butman D., Yatskov M., Huso M., Treyfeld R.F., Razuvaev V.N., Spycher G.* Effects of climate, disturbance, and species on forest biomass across Russia // Can. J. For. Res. 2005. Vol. 35. P. 2281-2293.

*Kuyah S., Dietz J., Muthuri C., van Noordwijk M., Neufeldt H.* Allometry and partitioning of above- and below-ground biomass in farmed eucalyptus species dominant in Western Kenyan agricultural landscapes // Biomass and Bioenergy. 2013. Vol. 55. P. 276-284.

*Lavigne M.B., Ryan M.G., Anderson D.E., Baldocchi D.D., Crill P.M., Fitzjarrald D.R., Goulden M.L., Gower S.T., Massheder J.M., McCaughey J.H., Rayment M., Striegl R.G.* Comparing nocturnal eddy covariance measurements to estimates of ecosystem respiration made by scaling chamber measurements at six coniferous boreal sites // J. of Geophysical Research. 1997. Vol. 102. P. 28977-28985.

*Ledig F.T., Bormann F.H., Wenger K.F.* The distribution of dry matter growth between shoot and roots in loblolly pine // Botanical Gazette. 1970. Vol. 131 (4). P. 349-359.

*Le Goff N., Ottorini J.-M.* Leaf development and stem growth of ash (*Fraxinus excelsior*) as affected by tree competitive status // Journal of Applied Ecology. 1996. Vol. 33. P. 793-802.

*Leuschner Ch., Moser G., Bertsch Ch., Röderstein M., Hertel D.* Large altitudinal increase in tree root/shoot ratio in tropical mountain forests of Ecuador // Basic and Applied Ecology. 2007. Vol. 8. P. 219—230.

*Lieth H.* Modeling the primary productivity of the world // International Section for Ecology Bulletin. 1974. Vol. 4. P. 11-20.

*Long J.N., Smith F.W.* Volume increment in *Pinus contorta* var. *latifolia*: the influence of stand development and crown dynamics // Forest Ecology and Management. 1992. Vol. 53. P. 53-64.

*Loomis R.S., Williams W.A.* Maximum crop productivity: An estimate // *Crop Sci.* 1963. Vol. 3. P. 67-72.

*Luckwill L.C.* The physiological relationships of root and shoot // *Scient. Hort.* 1960. Vol. 14. P. 22-26.

*Lundegårdh H.* Carbon dioxide evolution of soil and crop growth // *Soil Science.* 1927. Vol. 23, No. 6. P. 417-453.

*Lundegårdh H.* Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1957. 584 S.

*Luo Y., Zhang X., Wang X., Lu F.* Biomass and its allocation of Chinese forest ecosystems // *Ecology.* 2014. Vol. 95. P. 2026–2026. (<http://dx.doi.org/10.1890/13-2089.1>).

*Luyssaert S., Inglima I., Jung M. et al.* CO<sub>2</sub> balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database // *Global Change Biology.* 2007. Vol. 13. P. 2509-2537 (doi: 10.1111/j.1365-2486.2007.01439.x).

*Madgwick H.A.I., Olson D.F.* Leaf area index and volume growth in thinned stands of *Liriodendron tulipifera* L. // *Journal of Applied Ecology.* 1974. Vol. 11. P. 575-579.

*Magnussen S., Smith V.G., Yeatman C.W.* Foliage and canopy characteristics in relation to aboveground dry matter of seven jack pine provenances // *Can. J. For. Res.* 1986. Vol. 16. P. 464-470.

*Mandelbrot B.B.* The fractal geometry of nature. New York: W.N. Freeman, 1983. 468 p.

*McCarthy M.C., Enquist B.J., Kerkhoff A.J.* Organ partitioning and distribution across the seed plants: assessing the relative importance of phylogeny and function // *International Journal of Plant Sciences.* 2007. Vol. 168. P. 751-761.

*Melzer E.W.* Die stochastischen Beziehungen zwischen Sproß- und Wurzelsystem des Baumes // *Archiv für Forstwesen.* 1962. Band 11. H. 7. S. 822-838.

*Miyaura T., Hozumi K.* Measurement of litterfall in a Japanese larch (*Larix leptolepis* Gordon) plantation by the cloth-trap method // *Journal of the Japanese Forestry Society.* 1988. Vol. 70. No. 1. P. 11-19.

*Moldau H.* Model of plant productivity at limited water supply considering adaptation // *Photosynthetica.* 1971. Vol. 5. No. 1. P. 16-21.

*Möller C.M.* The effect of thinning, age and site on foliage, increment and loss of dry matter // *J. of Forestry.* 1947. Vol. 45. P. 393-404.

*Møller A.P., Jennions M.D.* How much variance can be explained by ecologists and evolutionary biologists? // *Oecologia.* 2002. Vol. 132. P. 492-500.

*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.

*Moore H.L.* Forecasting the yield and the price of cotton // N.Y.: The Macmillan Company, 1917. 173 p.

*Mork E.* Über den Streufall in unseren Wäldern. Eine Analyse der Menge und des chemischen Gehalts von Waldstreu und der dieselben beeinflussenden

Faktoren // Meddelelser fra det Norske Skogforsoksvesen. 1944. Band 8. H. 27-30. P. 297-365 (норвеж.).

*Nicoll B.C., Ray D.* Adaptive growth of tree root systems in response to wind action and site conditions // *Tree Physiology*. 1996. Vol. 16. P. 891-89.

*Niklas K.J.* Plant allometry: is there a grand unifying theory? // *Biological Reviews*. 2004. Vol. 79. P. 871-889.

*Nilsson U., Albrektson A.* Productivity of needles and allocation of growth in young Scots pine trees of different competitive status // *Forest Ecology and Management*. 1993. Vol. 62. P. 173-187.

*O'Hara K.L.* Multiaged silviculture: Managing for complex forest stand structures. Oxford University Press, 2014. 240 p.

*Oleksyn J., Reich P.B., Chalupka W., Tjoelker M.G.* Different above- and belowground biomass accumulation of European *Pinus sylvestris* populations in a 12-year-old provenance experiment // *Scand. J. For. Res.* 1999. Vol. 14. P. 7-17.

*Oliver C.D., Larson B.C.* Forest stand dynamics. Biological resource management series. New York: McGraw-Hill, 1990. 467 p.

*O'Neill R.V., DeAngelis D.L.* Comparative productivity and biomass relations of forest ecosystems // *Dynamic properties of forest ecosystems: IBP-23* (D. E. Reichle, ed.). Cambridge Univ. Press. 1981. P. 411-448.

*Palumets J.K.* Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce. Tartu: Univ. Press. VIII Scripta Botanica. 1991. 95 p.

*Pardé J.* Dendrométrie. Gap: Louis-Jean, 1961. 147 S.

*Paterson S.S.* The forest area of the world and its potential productivity. Göteborg: The Royal Univ. Sweden, 1956. 216 p.

*Paterson S.S.* Der CVP-Index als Ausdruck für forstliche Produktionspotentiale // *Die Stoffproduktion der Pflanzendecke* (H. Lieth and H. Walter, eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1962. S. 14-25.

*Pearsall W.H.* Growth studies. VI. On the relative sizes of growing plant organs // *Annals of Botany*. 1927. Vol. 41. P. 549-556.

*Peitgen H.O., Saupe D.* The science of fractal images. New York: Springer-Verlag, 1988. 312 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.

*Poorter H., Niklas K.J., Reich P.B., Oleksyn J., Poot P., Mommer L.* Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control // *New Phytologist*. 2012. Vol. 193. P. 30-50.

*Poorter H., Sack L.* Pitfalls and possibilities in the analysis of biomass allocation patterns in plants // *Frontiers in Plant Science*. 2012. Vol. 3. P. 259.

*Poorter H., Jagodzinski A.M., Ruiz-Peinado R., Kuyah S., Luo Y., Oleksyn J., Usoltsev V.A., Buckley T.N., Reich P.B., Sack L.* How does biomass allocation

change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents // *New Phytologist*. 2015. Vol. 208. Issue 3. P. 736-749 (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13571/epdf>).

*Pressler W.R.* Das Gesetz der Stammbildung und dessen forstwirtschaftliche Bedeutung insbesondere für den Waldbau höchsten Reinertrags. Leipzig: Arnoldische Buchhandlung, 1865. 153 S.

*Price C.A., Weitz J.S., Savage V.M., Stegen J., Clarke A., Coomes D.A., et al.* Testing the metabolic theory of ecology // *Ecology Letters*. 2012. Vol. 15. P. 1465-1474.

*Prodan M.* Messung der Waldbestände. Frankfurt/M: J.D. Sauerländer, 1951. 260 S.

*Reynolds J.F., Thornley J.H.M.* A root-shoot partitioning model // *Ann. Bot.* 1982. Vol. 49. P. 585-597.

*Rosenzweig M.L.* Net primary productivity of terrestrial communities: Prediction from climatological data // *The American Naturalist*. 1968. Vol. 102. No. 923. P. 67-74.

*Roxburgh S.H., Berry S.L., Buckley T.N., Barnes B., Roderick M.L.* What is NPP? Inconsistent accounting of respiratory fluxes in the definition of net primary production // *Functional Ecology*. 2005. Vol. 19. P. 378-382.

*Rübel E.* The replaceability of ecological factors and the law of the minimum // *Ecology*. 1935. Vol. 16. No. 3. P. 336-341.

*Rutter A. J.* Studies in the growth of young plant of *Pinus sylvestris* L. I. The annual cycle of assimilation and growth // *Annals of Botany*. 1957. Vol. 21. P. 399-425.

*Ryan M.G., Hubbard R.M., Pongracic S., Raison R.J., McMurtrie R.E.* Foliage, fine-root, woody-tissue and stand respiration in *Pinus radiata* in relation to nitrogen status // *Tree Physiology*. 1996. Vol. 16. P. 333-343.

*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*. Vol. 1; N.Y.: Springer Verlag. 19706. P. 55-72.

*Satoo T., Madgwick H.A.I.* Forest Biomass. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, 1982. 152 p. (Forestry Sciences, No. 6).

*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.

*Schulze E.-D., Valentini R., Cias Ph., Dolman H. et al.* CarboEurope Integrated Project // Reports of Workshop FAO “Harmonization of terrestrial carbon measurements in CEE countries”. Prague, 22-25 June. 2004. P. 1-32.

*Scurlock J.M.O., Cramer W., Olson R.J., Parton W.J., Prince S.D.* Terrestrial NPP: toward a consistent data set for global model evaluation // *Ecological Applications*. 1999. Vol. 9. No. 3. P. 913-919.

*Shi F., Sasa K., Koike T.* Characteristics of larch forests in Daxingan mountains, Northeast China // A. Osawa et al. (eds.). Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010. P. 367-383 (Ecological Studies. Vol. 209) (DOI: 10.1007/978-1-4020-9693-8).

*Shinozaki K., Yoda K., Hozumi K., Kira T.* A quantitative analysis of plant form – the pipe model theory // Japanese Journal of Ecology. Vol. 14. No. 3. 1964; - 1: Basic analysis. P. 97-105. Vol. 14. No. 4. 1964; - 2: Further evidence of the theory and its application in forest ecology. P. 133-139.

*Snell O.* Die Abhängigkeit des Hirngewichtes von dem Körpergewicht und den geistigen Fähigkeiten // Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. 1892. Vol. 23. P. 436-446.

*Steppe K., Niinemets Ü., Teskey R.O.* Tree size- and age-related changes in leaf physiology and their influence on carbon gain // Size- and age-related changes in tree structure and function. Springer, Netherlands, 2011. P. 235-253.

*Strand L.* Crown density and fractal dimension // Commun. of the Norwegian Forest Res. Institute. 1990. Vol. 43. No. 6. P. 1-11.

*Tadaki Y.* Some discussions on the leaf biomass of forest stands and trees // Bull. Gov. For. Exp. Station. 1966. Vol. 184. P. 135-161.

*Tadaki Y., Hatiya K., Tochiaki K., Miyauchi H., Matsuda U.* Studies on production structure of forest. XVI. Primary productivity of *Abies veitchii* forests in the subalpine zone of Mt. Fuji // Bull. of the Government Forest Experiment Station. Tokyo. 1970. Vol. 229. P. 1-20.

The notebooks of Leonardo da Vinci. Compiled and edited by J.P. Richter. N.Y.: Dover Publications, 1970. Vol. 1. 369 p.

*Thornley J.H.M.* A balanced quantitative model for *root:shoot* ratios in vegetative plants // Annals of Botany (N.S.). 1972. Vol. 36. P. 431-441.

*Tirén L.* Über die Grösse der Nadelfläche einiger Kiefernbestände // Mitteilungen aus der forstlichen Versuchs-Anstalt Schwedens. 1927. H. 23. S. 295-336 (ШВЕДСК.).

*Troughton A.* Further studies on the relationship between shoot and root systems of grasses // J. Br. Grassland Society. 1960. Vol. 15. P. 41-47.

*Tuhkanen S.* A circumboreal system of climatic-phytogeographical regions // Acta Botanica Fennica. 1984. Vol. 127. P. 1-50.

*Usoltsev V.A.* Some methodological and conceptual uncertainties in estimating the income component of the forest carbon cycle // Russian Journal of Ecology. 2007. Vol. 38. No. 1. P. 1-10 (DOI: 10.1134/S1067413607010018).

*Usoltsev V.A.* Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The second edition, enlarged and re-harmonized. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>).

*Usoltsev V.A., Koltunova A.I., Kajimoto T., Osawa A., Koike T.* Geographical gradients of annual biomass production from larch forests in Northern Eurasia // Eurasian Journal of Forest Research. 2002. Vol. 5.- P. 55-62.

*Usoltsev V.A., Chasovskikh V.P., Noritsina Yu.V.* Produzione primaria specifico alberi Spruce-abete dell'Eurasia: elementi di geografia (Specific net primary production of spruce-fir forests of Eurasia: Elements of geography) // Italian Science Review. 2014. No. 11(20). P. 145-149 (итал.) (<http://www.ias-journal.org/archive/2014/november/Usoltsev.pdf>).

*Usoltsev V.A., Chasovskikh V.P., Gavrilin D.S., Subbotin K.S.* Foreste di produzione specifica primario larice dell'Eurasia: elementi di geografia (Удельная первичная продукция лиственничных насаждений Евразии: элементы географии) // Italian Science Review. 2015. No. 6(27). P. 33-37 (итал.). (<http://www.ias-journal.org/archive/2015/june/Usoltsev.pdf>).

*Valentine H.T.* Tree-growth models: Derivations employing the pipe-model theory // J. Theor. Biol. 1985. Vol. 117. P. 579-585.

*van Laar A.* Nadelbiomasse, Zuwachs und Zuwachsverteilung von *Pinus radiata* in Südafrika unter dem Einfluß von Durchforstung und Astung // Forst-Wissenschaftliches Centralblatt. 1976. Jahrgang 95. S. 264-285.

*Vanselow K.* Krone und Zuwachs der Fichte in gleichaltrigen Reinbeständen // Forst-Wissenschaftliches Centralblatt. 1951. Jahrgang 70. H. 12. S. 705-719.

*Vinš B., Šika A.* Biomasa smrkoveho porostu v chlumni oblasti (Biomass of Norway spruce forest in hilly region) // Práce VÚLHM. 1981. Vol. 59. P. 83-99 (чешск.).

*Vogt K.A., Grier C.C., Vogt D.J.* Production, turnover and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests // Advances in Ecological Research. 1986. Vol. 15. P. 303-377.

*Waring R.H.* Site, leaf area and phytomass production in trees // Mountain Environments and Subalpine Tree Growth. Techn. Paper No. 70. Forest. Res. Institute. N. Z. Forest Serv. 1980. P. 125-135.

*Waring R.H., Schlesinger W.H.* Forest ecosystems. New York: Academic Press, 1985. 340 p.

*Waugh F.W.* Cobweb models // J. Farm. Econ. 1964. Vol. 46. P. 732-750.

*Weck J.* Untersuchungen über die Ertragspotenz der deutschen Waldlandschaften // Allg. Forst- und Jagdzeitung. 1954. Bd. 125. No. 5. S. 153-159.

*Weck J.* Forstliche Zuwachs- und Ertragskunde. Radebeul und Berlin: Neumann Verlag, 1955. 160 S.

*Weck J.* Regenwälder, eine vergleichende Studie forstlichen Produktionspotentials // Die Erde. 1959. Bd. 1. P. 10.

*Weck J.* Klimaindex und forstliches Produktionspotential. Ein weiterer Beitrag zum Problem ihrer Korrelation // Forstarchiv. 1960. Bd. 31. H. 7. S. 101-104.

*Weck J.* An improved CVP-index for delimitation of the potential productivity zones of the forest lands of India // Indian Forester. 1970. Vol. 96. No. 8. P. 565-572.

*Weetman G.F., Harland R.* Foliage and wood production in unthinned black spruce in Northern Quebec. Forest Science. 1964. Vol. 10. No. 1. P. 80-88.

*Wenk G.* Eine neue Wachstumsgleichung und ihr praktischer Nutzen zur Herleitung von Volumenzuwachspozenten // Archiv für Forstwesen. 1969. Bd. 18. S. 1085-1094.

*Wenk G.* Ertragskundliche Grundlagen der Bestandesbehandlung. DDR; Tharandt: Bereich Forsteinrichtung und forstliche Ertragskunde, 1973a. 237 s.

*Wenk G.* Mathematische Formulierung von Wachstumsprozessen // Biom. Zeitschrift. 1973b. Bd. 15. S. 345-362.

*Wenk G., Antanaitis V., Šmelko Š.* Waldertragslehre. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1990. 448 S.

*Werger M.J.A.* Wurzel/Spross-Verhältnis als Merkmal der Pflanzenstrategie // Wurzelökologie und ihre Nutzenanwendung / Root ecology and its practical application. Int. Symp. Gumpenstein, 1982. Bundesanstalt Gumpenstein, A-8952. Irndning, 1983. P. 323-334.

*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 system // Nature. 1999. Vol. 400. P. 664-667.

*Whitfield J.* All creatures great and small // Nature. 2001. Vol. 413. P. 342-344.

*Whittaker R. H., Likens G. E.* Carbon in the biota // Carbon and the biosphere: proceedings of the 24th Brookhaven Symposium in Biology, Upton, N.Y., May 16-18, 1972 (ed. by G.M. Woodwell and E.V. Pecan). 1973. P. 281-302.

*Whittaker R. H., Bormann F. H., Likens G. E., Siccama T. G.* The Hubbard Brook ecosystem study: forest biomass and production // Ecological Monographs. 1974. Vol. 44. P. 233-252.

*Whittaker R.H., Marks P.L.* Methods of assessing terrestrial productivity // Lieth H., Whittaker R.H. (eds.). Primary productivity of the biosphere. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1975. P. 55-118 (Ecological Studies: Analysis and Synthesis. Vol. 14).

*Wilson J.B.* A review of evidence on the control of *shoot:root* ratio, in relation to models // Annals of Botany. 1988. Vol. 61. P. 433-449.

*Zeide B.* Fractal geometry in forestry applications // Forest Ecol. Management. 1991. Vol. 46. P. 179-188.

*Zianis D., Mencuccini M.* On simplifying allometric analyses of forest biomass // Forest Ecol. Management. 2004. Vol. 187. P. 311-332.

Приложение 1

Возрастная динамика фитомассы и ЧПП сосняков (уравнения (2.4) и (3.8)) по зональным поясам с учетом степени континентальности климата Евразии (обозначения в тексте)

A, лет	N, тыс. дер./га	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га (2.4)						Годичная ЧПП, т/га (3.8)						ICKh
			P <sub>S</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>F</sub>	P <sub>R</sub>	P <sub>U</sub>	Z <sub>S</sub>	Z <sub>B</sub>	Z <sub>F</sub>	Z <sub>R</sub>	Z <sub>U</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Зональный пояс I															
10	9,07	8,56	5,58	5,87	3,27	1,15	27,9	1,25	2,91	1,53	0,101	1,87	50		
	10,2	8,09	4,89	4,71	3,19	1,04	10,8	0,963	1,72	1,21	0,091	1,29	60		
	11,2	7,70	4,38	3,91	3,11	0,953	4,86	0,771	1,10	0,988	0,083	0,942	70		
	12,2	7,38	3,98	3,32	3,05	0,884	2,43	0,636	0,749	0,830	0,077	0,718	80		
	13,1	7,12	3,66	2,88	3,00	0,827	1,32	0,537	0,533	0,713	0,072	0,565	90		
20	14,0	6,88	3,39	2,53	2,95	0,780	0,761	0,461	0,393	0,621	0,068	0,46	100		
	4,14	27,4	18,0	10,2	4,44	3,35	20,1	1,61	2,69	1,86	0,146	1,31	50		
	4,64	25,9	15,8	8,20	4,35	3,02	7,78	1,24	1,59	1,48	0,132	0,906	60		
	5,11	24,6	14,1	6,83	4,28	2,77	3,49	0,990	1,02	1,21	0,121	0,662	70		
	5,55	23,6	12,8	5,82	4,21	2,57	1,74	0,816	0,698	1,03	0,112	0,504	80		
40	5,98	22,8	11,8	5,06	4,15	2,40	0,95	0,689	0,498	0,883	0,105	0,397	90		
	6,38	22,0	10,9	4,46	4,10	2,26	0,55	0,592	0,368	0,773	0,099	0,320	100		
	1,89	60,1	40,1	14,8	4,87	6,85	19,9	1,55	2,09	1,85	0,146	1,23	50		
	2,12	56,8	35,1	12,0	4,79	6,18	7,71	1,19	1,25	1,47	0,132	0,848	60		
	2,33	54,1	31,5	9,99	4,72	5,67	3,46	0,955	0,803	1,22	0,121	0,620	70		
40	2,53	51,9	28,6	8,55	4,66	5,26	1,73	0,788	0,549	1,03	0,112	0,472	80		
	2,73	50,0	26,3	7,44	4,61	4,92	0,938	0,665	0,392	0,890	0,105	0,372	90		
	2,91	48,3	24,4	6,57	4,56	4,64	0,543	0,571	0,291	0,781	0,099	0,300	100		

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
60	1,19	80,0	54,0	17,0	4,81	8,86	23,0	1,33	1,67	1,74	0,123	1,35	50
	1,34	75,5	47,4	13,8	4,74	8,00	8,92	1,02	1,00	1,39	0,111	0,93	60
	1,47	71,9	42,5	11,5	4,68	7,33	4,00	0,819	0,643	1,15	0,102	0,681	70
	1,60	69,0	38,6	9,85	4,63	6,80	2,00	0,676	0,441	0,971	0,095	0,519	80
	1,72	66,4	35,5	8,59	4,58	6,36	1,08	0,570	0,315	0,839	0,089	0,408	90
	1,84	64,3	32,9	7,60	4,54	6,00	0,63	0,490	0,234	0,737	0,083	0,330	100
80	0,861	90,5	61,9	18,0	4,67	9,90	27,2	1,12	1,37	1,63	0,101	1,53	50
	0,965	85,5	54,3	14,6	4,61	8,93	10,6	0,865	0,82	1,30	0,091	1,06	60
	1,06	81,4	48,6	12,3	4,55	8,19	4,74	0,692	0,531	1,07	0,084	0,77	70
	1,16	78,0	44,2	10,5	4,50	7,59	2,37	0,571	0,364	0,912	0,078	0,589	80
	1,24	75,2	40,6	9,17	4,46	7,11	1,28	0,482	0,261	0,788	0,073	0,464	90
	1,33	72,7	37,7	8,12	4,42	6,70	0,74	0,414	0,193	0,692	0,068	0,374	100
100	0,669	95,3	65,9	18,5	4,52	10,3	32,3	0,955	1,16	1,53	0,083	1,75	50
	0,750	90,0	57,8	15,0	4,46	9,33	12,5	0,734	0,692	1,22	0,075	1,21	60
	0,826	85,7	51,8	12,6	4,40	8,56	5,62	0,588	0,448	1,01	0,069	0,88	70
	0,898	82,2	47,0	10,8	4,36	7,94	2,81	0,485	0,307	0,86	0,064	0,673	80
	0,966	79,2	43,2	9,45	4,32	7,43	1,52	0,409	0,220	0,743	0,060	0,529	90
	1,03	76,6	40,1	8,37	4,28	7,00	0,88	0,352	0,164	0,653	0,056	0,427	100
120	0,544	96,5	67,4	18,6	4,37	10,4	38,0	0,817	0,991	1,45	0,068	1,99	50
	0,610	91,1	59,1	15,2	4,31	9,42	14,7	0,628	0,594	1,16	0,062	1,38	60
	0,672	86,8	53,0	12,7	4,26	8,64	6,62	0,503	0,385	0,959	0,057	1,01	70
	0,730	83,2	48,1	10,9	4,22	8,01	3,31	0,415	0,264	0,814	0,053	0,766	80
	0,786	80,2	44,2	9,55	4,18	7,50	1,79	0,350	0,189	0,704	0,049	0,603	90
	0,839	77,6	41,0	8,47	4,14	7,06	1,04	0,301	0,141	0,618	0,046	0,487	100

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
140	0,457	95,6	67,4	18,6	4,23	10,33	44,4	0,705	0,863	1,38	0,057	2,26	50	
	0,512	90,3	59,1	15,1	4,18	9,32	17,2	0,542	0,517	1,10	0,052	1,56	60	
	0,564	86,0	52,9	12,7	4,13	8,54	7,73	0,434	0,335	0,912	0,047	1,14	70	
	0,613	82,4	48,1	10,9	4,08	7,92	3,86	0,358	0,230	0,774	0,044	0,869	80	
	0,660	79,4	44,2	9,54	4,04	7,41	2,09	0,302	0,165	0,669	0,041	0,684	90	
	0,705	76,8	41,0	8,46	4,01	6,99	1,21	0,260	0,123	0,588	0,039	0,552	100	
	0,393	93,4	66,3	18,4	4,10	4,10	10,1	51,5	0,613	0,759	1,32	0,048	2,55	50
	0,440	88,2	58,2	15,0	4,05	9,10	20,0	0,472	0,455	0,455	1,05	0,043	1,76	60
	0,485	84,0	52,1	12,6	4,00	8,34	8,96	0,378	0,296	0,296	0,870	0,040	1,29	70
	0,527	80,6	47,4	10,8	3,96	7,74	4,48	0,312	0,203	0,203	0,738	0,037	0,980	80
160	0,567	77,6	43,5	9,47	3,92	7,24	2,43	0,263	0,146	0,638	0,035	0,771	90	
	0,606	75,1	40,4	8,40	3,88	6,82	1,40	0,226	0,108	0,561	0,033	0,622	100	
	0,344	90,5	64,7	18,1	3,98	9,77	59,3	0,538	0,675	1,26	0,041	2,86	50	
	0,385	85,4	56,8	14,8	3,93	8,82	23,0	0,414	0,405	1,01	0,037	1,97	60	
	0,424	81,4	50,8	12,4	3,88	8,08	10,3	0,331	0,263	0,833	0,034	1,44	70	
	0,461	78,0	46,2	10,7	3,84	7,50	5,15	0,273	0,181	0,707	0,031	1,10	80	
	0,497	75,2	42,5	9,36	3,80	7,02	2,79	0,231	0,130	0,611	0,029	0,86	90	
	0,530	72,7	39,4	8,31	3,77	6,61	1,62	0,198	0,097	0,54	0,028	0,70	100	
	0,305	87,1	62,7	17,8	3,87	9,42	67,7	0,475	0,605	1,21	0,035	3,19	50	
	0,342	82,2	55,0	14,5	3,81	8,50	26,3	0,365	0,363	0,967	0,032	2,20	60	
200	0,377	78,3	49,3	12,2	3,77	7,79	11,8	0,293	0,236	0,800	0,029	1,61	70	
	0,409	75,1	44,8	10,5	3,73	7,23	5,89	0,241	0,162	0,678	0,027	1,23	80	
	0,441	72,4	41,2	9,22	3,69	6,76	3,19	0,204	0,117	0,586	0,025	0,965	90	
	0,471	70,0	38,2	8,18	3,66	6,37	1,85	0,175	0,087	0,515	0,024	0,779	100	

Продолжение приложения 1

Зональный пояс 2													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	9,41	24,1	12,4	6,02	4,21	3,75	38,13	3,89	5,03	2,70	0,899	2,07	50
	10,54	22,8	10,9	4,83	4,12	3,39	14,8	2,99	2,98	2,15	0,812	1,43	60
	11,61	21,7	9,77	4,01	4,04	3,11	6,64	2,39	1,91	1,77	0,745	1,05	70
	12,62	20,8	8,87	3,41	3,98	2,88	3,32	1,97	1,30	1,49	0,691	0,796	80
	13,58	20,0	8,16	2,95	3,92	2,69	1,80	1,67	0,923	1,28	0,648	0,627	90
	14,50	19,4	7,56	2,60	3,87	2,54	1,04	1,43	0,680	1,12	0,611	0,506	100
20	4,29	77,2	40,0	10,5	5,10	10,9	27,4	4,98	4,66	2,96	1,30	1,46	50
	4,81	72,9	35,1	8,42	5,03	9,83	10,62	3,83	2,76	2,37	1,18	1,00	60
	5,29	69,4	31,4	7,01	4,96	9,02	4,77	3,07	1,78	1,96	1,08	0,734	70
	5,76	66,6	28,6	5,98	4,91	8,36	2,38	2,53	1,21	1,66	1,00	0,560	80
	6,20	64,2	26,3	5,19	4,86	7,82	1,29	2,14	0,863	1,43	0,938	0,440	90
	6,62	62,1	24,3	4,58	4,81	7,37	0,75	1,84	0,638	1,26	0,884	0,355	100
40	1,96	169,5	89,3	15,2	5,18	22,3	27,2	4,81	3,63	2,75	1,30	1,36	50
	2,19	160,0	78,3	12,3	5,13	20,1	10,5	3,70	2,16	2,20	1,18	0,941	60
	2,42	152,4	70,2	10,3	5,08	18,5	4,73	2,96	1,39	1,83	1,08	0,687	70
	2,63	146,1	63,7	8,78	5,04	17,1	2,36	2,44	0,953	1,55	1,00	0,524	80
	2,83	140,8	58,6	7,65	5,00	16,0	1,28	2,06	0,681	1,34	0,938	0,412	90
	3,02	136,2	54,3	6,76	4,96	15,1	0,74	1,77	0,504	1,18	0,885	0,333	100
60	1,24	225,3	120,5	17,5	4,99	28,9	31,4	4,13	2,90	2,51	1,098	1,50	50
	1,39	212,7	105,7	14,1	4,94	26,1	12,2	3,17	1,73	2,02	0,991	1,03	60
	1,53	202,6	94,6	11,8	4,90	23,9	5,47	2,54	1,12	1,67	0,910	0,756	70
	1,66	194,3	86,0	10,1	4,86	22,2	2,73	2,10	0,765	1,43	0,845	0,576	80
	1,79	187,2	79,0	8,84	4,83	20,7	1,48	1,77	0,548	1,24	0,791	0,453	90
	1,91	181,1	73,3	7,82	4,80	19,5	0,86	1,52	0,406	1,09	0,746	0,366	100

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
80	0,89	255,0	138,0	18,6	4,78	32,2	37,2	3,49	2,39	2,33	0,900	1,70	50
	1,00	240,8	121,1	15,1	4,74	29,1	14,4	2,68	1,43	1,87	0,813	1,17	60
	1,10	229,4	108,5	12,6	4,71	26,7	6,48	2,15	0,922	1,55	0,746	0,858	70
	1,20	219,9	98,6	10,8	4,68	24,7	3,24	1,77	0,632	1,32	0,693	0,654	80
	1,29	211,9	90,6	9,44	4,65	23,1	1,75	1,50	0,453	1,15	0,649	0,514	90
100	1,38	205,0	84,0	8,36	4,62	21,8	1,01	1,28	0,336	1,01	0,612	0,415	100
	0,694	268,5	146,9	19,1	4,61	33,7	44,1	2,96	2,01	2,18	0,739	1,94	50
	0,777	253,5	128,9	15,5	4,57	30,4	17,1	2,28	1,20	1,75	0,668	1,34	60
	0,856	241,4	115,4	13,0	4,53	27,9	7,67	1,82	0,778	1,46	0,613	0,979	70
	0,930	231,5	104,9	11,1	4,50	25,9	3,83	1,50	0,534	1,24	0,569	0,746	80
120	1,00	223,0	96,4	9,73	4,48	24,2	2,08	1,27	0,383	1,08	0,532	0,587	90
	1,07	215,8	89,4	8,62	4,45	22,8	1,20	1,09	0,284	0,95	0,502	0,474	100
	0,564	271,9	150,3	19,2	4,45	34,0	51,9	2,53	1,72	2,07	0,611	2,21	50
	0,632	256,8	131,9	15,6	4,41	30,7	20,1	1,95	1,03	1,66	0,552	1,53	60
	0,696	244,6	118,1	13,1	4,38	28,1	9,04	1,56	0,669	1,38	0,507	1,12	70
140	0,757	234,5	107,3	11,2	4,35	26,1	4,52	1,29	0,459	1,17	0,470	0,850	80
	0,815	225,9	98,6	9,83	4,33	24,4	2,45	1,09	0,329	1,02	0,440	0,669	90
	0,870	218,6	91,4	8,72	4,30	23,0	1,42	0,93	0,245	0,897	0,415	0,540	100
	0,474	269,4	150,2	19,1	4,31	33,6	60,7	2,19	1,50	1,97	0,510	2,51	50
	0,531	254,3	131,8	15,6	4,28	30,4	23,5	1,68	0,899	1,58	0,461	1,73	60
140	0,585	242,3	118,0	13,1	4,25	27,8	10,6	1,35	0,583	1,31	0,423	1,26	70
	0,636	232,3	107,2	11,2	4,22	25,8	5,28	1,11	0,400	1,12	0,393	0,963	80
	0,684	223,8	98,5	9,83	4,19	24,1	2,86	0,937	0,287	0,97	0,368	0,758	90
	0,731	216,5	91,4	8,72	4,17	22,8	1,65	0,805	0,214	0,85	0,347	0,612	100

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
160	0,407	263,2	147,9	19,0	4,19	32,9	70,3	1,90	1,32	1,88	0,430	2,83	50	
	0,457	248,5	129,8	15,4	4,15	29,6	27,3	1,46	0,793	1,51	0,389	1,95	60	
	0,503	236,7	116,2	13,0	4,12	27,2	12,2	1,17	0,514	1,25	0,357	1,43	70	
	0,547	227,0	105,6	11,2	4,10	25,2	6,12	0,966	0,353	1,07	0,331	1,09	80	
	0,588	218,7	97,0	9,76	4,07	23,6	3,32	0,816	0,254	0,927	0,310	0,855	90	
	0,628	211,5	90,0	8,66	4,05	22,2	1,92	0,701	0,189	0,816	0,292	0,690	100	
	0,357	254,9	144,3	18,7	4,08	31,8	80,9	1,67	1,18	1,81	0,366	3,17	50	
	0,400	240,6	126,6	15,2	4,04	28,7	31,4	1,28	0,705	1,45	0,330	2,19	60	
	0,440	229,2	113,3	12,8	4,01	26,3	14,1	1,03	0,46	1,20	0,303	1,60	70	
	0,478	219,8	103,0	11,0	3,99	24,4	7,04	0,847	0,315	1,03	0,281	1,22	80	
180	0,515	211,8	94,7	9,64	3,96	22,9	3,82	0,715	0,226	0,89	0,263	0,959	90	
	0,550	204,8	87,8	8,56	3,94	21,5	2,21	0,614	0,168	0,78	0,248	0,774	100	
	0,316	245,4	139,8	18,4	3,98	30,7	92,5	1,47	1,05	1,74	0,313	3,54	50	
	0,355	231,7	122,7	15,0	3,94	27,7	35,9	1,13	0,633	1,40	0,283	2,44	60	
	0,391	220,7	109,9	12,6	3,91	25,4	16,1	0,907	0,411	1,16	0,260	1,79	70	
	0,425	211,6	99,8	10,8	3,88	23,5	8,04	0,748	0,282	0,99	0,241	1,36	80	
	0,457	203,9	91,8	9,50	3,86	22,0	4,36	0,631	0,203	0,86	0,226	1,07	90	
	0,488	197,2	85,1	8,43	3,84	20,8	2,52	0,543	0,151	0,754	0,213	0,864	100	
	Зональный пояс 3													
	10	6,20	29,3	14,8	7,75	4,99	4,57	45,76	5,43	5,56	3,98	1,23	2,95	50
6,95		27,7	13,0	6,23	4,89	4,12	17,74	4,17	3,29	3,16	1,11	2,03	60	
7,65		26,4	11,6	5,18	4,81	3,78	7,96	3,34	2,11	2,60	1,02	1,49	70	
8,32		25,3	10,6	4,41	4,74	3,50	3,98	2,76	1,44	2,20	0,948	1,13	80	
8,96		24,4	9,7	3,82	4,67	3,28	2,16	2,33	1,02	1,89	0,888	0,892	90	
9,57		23,6	9,0	3,37	4,62	3,09	1,25	2,00	0,756	1,66	0,837	0,720	100	

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	2,83	93,8	47,6	13,3	5,93	13,3	32,9	6,96	5,07	4,27	1,78	2,07	50
	3,17	88,6	41,8	10,7	5,85	12,0	12,7	5,35	3,02	3,41	1,61	1,43	60
	3,49	84,4	37,4	8,93	5,78	11,0	5,72	4,29	1,94	2,82	1,48	1,04	70
	3,80	80,9	34,0	7,63	5,72	10,2	2,86	3,54	1,33	2,39	1,37	0,796	80
	4,09	77,9	31,2	6,64	5,66	9,52	1,55	2,98	0,946	2,07	1,29	0,63	90
40	4,36	75,4	29,0	5,86	5,62	8,97	0,90	2,56	0,700	1,82	1,21	0,506	100
	1,29	205,9	106,2	19,1	5,94	27,2	32,6	6,72	3,91	3,91	1,79	1,94	50
	1,45	194,4	93,2	15,4	5,88	24,5	12,6	5,16	2,33	3,14	1,61	1,34	60
	1,59	185,2	83,4	12,9	5,83	22,5	5,68	4,14	1,50	2,60	1,48	0,978	70
	1,73	177,5	75,8	11,1	5,79	20,8	2,84	3,41	1,03	2,21	1,37	0,745	80
60	1,86	171,1	69,7	9,6	5,75	19,5	1,54	2,88	0,737	1,92	1,29	0,587	90
	1,99	165,5	64,6	8,5	5,71	18,4	0,89	2,47	0,546	1,69	1,21	0,473	100
	0,816	273,7	143,2	21,7	5,69	35,1	37,7	5,76	3,10	3,56	1,51	2,13	50
	0,914	258,5	125,7	17,6	5,64	31,7	14,61	4,43	1,85	2,86	1,36	1,47	60
	1,01	246,2	112,5	14,8	5,60	29,1	6,56	3,55	1,20	2,37	1,25	1,08	70
80	1,09	236,0	102,3	12,7	5,56	27,0	3,28	2,93	0,820	2,02	1,16	0,82	80
	1,18	227,4	94,0	11,1	5,53	25,2	1,78	2,47	0,588	1,76	1,08	0,64	90
	1,26	220,0	87,1	9,79	5,50	23,8	1,03	2,12	0,436	1,55	1,02	0,52	100
	0,589	309,8	164,1	22,9	5,45	39,2	44,7	4,87	2,53	3,29	1,23	2,42	50
	0,660	292,5	144,0	18,6	5,40	35,4	17,31	3,75	1,52	2,65	1,12	1,67	60
	0,727	278,7	129,0	15,6	5,37	32,4	7,77	3,00	0,982	2,20	1,02	1,22	70
	0,790	267,2	117,2	13,4	5,33	30,1	3,88	2,47	0,674	1,87	0,95	0,930	80
	0,850	257,4	107,7	11,7	5,31	28,2	2,11	2,09	0,483	1,63	0,890	0,732	90
	0,908	249,0	99,9	10,4	5,28	26,5	1,22	1,79	0,36	1,43	0,839	0,591	100

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	0,457	326,2	174,7	23,4	5,24	41,0	52,9	4,14	2,12	3,08	1,01	2,76	50
	0,513	307,9	153,3	19,1	5,20	37,0	20,5	3,18	1,27	2,48	0,915	1,91	60
	0,565	293,3	137,2	16,0	5,17	33,9	9,21	2,55	0,826	2,06	0,840	1,39	70
	0,614	281,2	124,7	13,8	5,14	31,5	4,60	2,10	0,567	1,76	0,780	1,06	80
	0,661	271,0	114,6	12,0	5,11	29,4	2,49	1,77	0,407	1,52	0,730	0,835	90
	0,706	262,1	106,3	10,7	5,08	27,7	1,44	1,52	0,303	1,34	0,689	0,674	100
	0,372	330,4	178,7	23,5	5,06	41,4	62,3	3,54	1,82	2,91	0,838	3,15	50
	0,417	312,0	156,8	19,2	5,02	37,3	24,2	2,72	1,09	2,34	0,757	2,17	60
	0,459	297,2	140,4	16,1	4,99	34,2	10,8	2,18	0,707	1,95	0,695	1,59	70
	0,499	284,9	127,6	13,9	4,96	31,7	5,42	1,80	0,486	1,66	0,645	1,21	80
120	0,537	274,5	117,2	12,1	4,94	29,7	2,94	1,52	0,349	1,44	0,604	0,952	90
	0,574	265,5	108,7	10,8	4,91	28,0	1,70	1,30	0,260	1,27	0,570	0,768	100
	0,313	327,3	178,6	23,4	4,90	40,9	72,8	3,05	1,58	2,77	0,700	3,57	50
	0,350	309,0	156,7	19,1	4,87	36,9	28,2	2,35	0,946	2,23	0,632	2,46	60
	0,386	294,4	140,3	16,0	4,84	33,8	12,7	1,88	0,614	1,85	0,580	1,80	70
	0,419	282,2	127,5	13,8	4,81	31,4	6,33	1,55	0,423	1,58	0,539	1,37	80
	0,451	271,9	117,2	12,1	4,78	29,4	3,43	1,31	0,304	1,37	0,504	1,08	90
	0,482	263,1	108,6	10,7	4,76	27,7	1,99	1,12	0,226	1,21	0,476	0,87	100
	0,269	319,8	175,8	23,1	4,77	40,0	84,4	2,66	1,38	2,65	0,590	4,02	50
	0,301	301,9	154,3	18,9	4,73	36,1	32,7	2,04	0,832	2,13	0,533	2,78	60
140	0,332	287,6	138,2	15,9	4,70	33,1	14,7	1,64	0,540	1,77	0,489	2,03	70
	0,360	275,7	125,5	13,7	4,67	30,7	7,34	1,35	0,372	1,51	0,454	1,55	80
	0,388	265,7	115,4	12,0	4,65	28,7	3,98	1,14	0,267	1,31	0,425	1,22	90
	0,414	257,0	107,0	10,6	4,62	27,0	2,30	0,98	0,199	1,16	0,401	0,98	100

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
180	0,235	309,7	171,5	22,7	4,64	38,7	97,1	2,33	1,23	2,55	0,501	4,51	50	
	0,264	292,4	150,5	18,6	4,61	34,9	37,66	1,79	0,738	2,05	0,453	3,11	60	
	0,290	278,5	134,8	15,6	4,58	32,0	16,9	1,44	0,480	1,70	0,416	2,28	70	
	0,315	267,0	122,5	13,5	4,55	29,7	8,45	1,18	0,330	1,45	0,386	1,73	80	
	0,340	257,3	112,6	11,8	4,52	27,8	4,58	1,00	0,238	1,26	0,361	1,37	90	
	0,363	248,9	104,4	10,5	4,50	26,2	2,65	0,858	0,177	1,11	0,341	1,10	100	
	0,209	298,1	166,3	22,3	4,53	37,3	111,0	2,06	1,10	2,46	0,430	5,04	50	
	0,234	281,5	145,9	18,2	4,49	33,7	43,0	1,58	0,661	1,98	0,388	3,48	60	
	0,258	268,1	130,7	15,4	4,46	30,9	19,3	1,27	0,430	1,64	0,356	2,54	70	
	0,280	257,1	118,7	13,2	4,44	28,6	9,65	1,05	0,296	1,40	0,331	1,94	80	
200	0,301	247,7	109,1	11,6	4,41	26,8	5,23	0,882	0,213	1,21	0,310	1,52	90	
	0,322	239,6	101,2	10,3	4,39	25,3	3,03	0,758	0,159	1,07	0,292	1,23	100	
	Зональный пояс 4													
	10	3,80	28,0	14,6	10,2	5,80	4,20	52,1	5,94	5,35	5,43	1,00	4,32	50
		4,25	26,4	12,8	8,23	5,68	3,79	20,2	4,57	3,17	4,31	0,904	2,98	60
		4,68	25,2	11,5	6,85	5,58	3,48	9,06	3,66	2,04	3,55	0,830	2,18	70
		5,09	24,1	10,5	5,85	5,49	3,23	4,53	3,02	1,39	3,00	0,770	1,66	80
		5,48	23,3	9,61	5,08	5,42	3,02	2,46	2,55	0,993	2,58	0,721	1,31	90
		5,85	22,5	8,91	4,48	5,35	2,84	1,42	2,19	0,734	2,26	0,680	1,05	100
		1,73	89,6	47,1	17,2	6,92	12,2	37,4	7,62	4,81	5,86	1,45	3,03	50
1,94		84,6	41,4	13,9	6,82	11,0	14,5	5,86	2,86	4,68	1,31	2,09	60	
2,14		80,6	37,0	11,6	6,74	10,1	6,51	4,69	1,85	3,87	1,20	1,53	70	
2,32		77,3	33,7	9,95	6,67	9,37	3,25	3,87	1,26	3,28	1,12	1,17	80	
20	2,50	74,4	30,9	8,67	6,60	8,76	1,76	3,27	0,903	2,84	1,04	0,917	90	
	2,67	72,0	28,7	7,66	6,55	8,26	1,02	2,81	0,669	2,49	0,985	0,740	100	

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
40	0,790	196,6	105,2	24,3	6,96	25,0	37,1	7,35	3,64	5,38	1,45	2,84	50
	0,885	185,7	92,3	19,8	6,89	22,6	14,4	5,65	2,18	4,31	1,31	1,96	60
	0,975	176,8	82,6	16,6	6,83	20,7	6,46	4,53	1,41	3,58	1,20	1,43	70
	1,06	169,6	75,1	14,2	6,77	19,2	3,23	3,74	0,966	3,04	1,12	1,09	80
	1,14	163,4	69,0	12,4	6,72	18,0	1,75	3,15	0,692	2,64	1,05	0,859	90
60	1,22	158,0	64,0	11,0	6,68	16,9	1,01	2,71	0,514	2,32	0,986	0,693	100
	0,499	261,5	141,9	27,5	6,66	32,3	42,9	6,31	2,86	4,90	1,22	3,12	50
	0,559	246,9	124,5	22,3	6,61	29,2	16,6	4,85	1,71	3,94	1,10	2,15	60
	0,616	235,1	111,5	18,7	6,56	26,8	7,47	3,88	1,11	3,27	1,01	1,57	70
	0,670	225,5	101,3	16,1	6,51	24,8	3,73	3,20	0,763	2,78	0,941	1,20	80
80	0,721	217,2	93,1	14,1	6,47	23,2	2,02	2,70	0,547	2,42	0,881	0,944	90
	0,770	210,1	86,3	12,5	6,44	21,9	1,17	2,32	0,407	2,13	0,831	0,762	100
	0,360	295,9	162,6	28,8	6,38	36,1	50,8	5,33	2,33	4,53	1,003	3,54	50
	0,404	279,4	142,7	23,5	6,33	32,6	19,7	4,10	1,40	3,64	0,906	2,44	60
	0,445	266,2	127,7	19,7	6,29	29,9	8,84	3,28	0,906	3,03	0,831	1,79	70
100	0,483	255,2	116,1	17,0	6,25	27,7	4,42	2,71	0,623	2,58	0,772	1,36	80
	0,520	245,9	106,7	14,9	6,22	25,9	2,40	2,29	0,447	2,24	0,723	1,07	90
	0,556	237,8	98,9	13,2	6,18	24,4	1,39	1,96	0,333	1,97	0,681	0,865	100
	0,280	311,5	173,0	29,3	6,14	37,7	60,2	4,53	1,94	4,25	0,823	4,04	50
	0,314	294,1	151,8	23,9	6,10	34,1	23,4	3,48	1,17	3,41	0,744	2,79	60
100	0,345	280,2	135,9	20,1	6,06	31,2	10,5	2,79	0,76	2,84	0,682	2,04	70
	0,376	268,6	123,5	17,3	6,02	29,0	5,24	2,30	0,521	2,42	0,633	1,55	80
	0,404	258,8	113,5	15,2	5,99	27,1	2,84	1,94	0,375	2,10	0,593	1,22	90
	0,432	250,4	105,3	13,5	5,96	25,5	1,64	1,67	0,279	1,85	0,559	0,987	100

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
120	0,228	315,6	177,0	29,3	5,93	38,1	70,9	3,87	1,65	4,02	0,681	4,61	50	
	0,255	298,0	155,3	23,9	5,89	34,4	27,5	2,98	0,994	3,23	0,615	3,18	60	
	0,281	283,8	139,0	20,1	5,85	31,5	12,3	2,39	0,646	2,68	0,564	2,32	70	
	0,305	272,1	126,4	17,4	5,82	29,2	6,17	1,97	0,445	2,29	0,524	1,77	80	
	0,329	262,2	116,1	15,2	5,78	27,4	3,34	1,66	0,320	1,99	0,491	1,39	90	
	0,351	253,6	107,7	13,5	5,76	25,8	1,93	1,43	0,238	1,75	0,463	1,12	100	
	0,191	312,6	176,9	29,0	5,75	37,7	82,9	3,34	1,43	3,82	3,82	0,568	5,22	50
	0,214	295,2	155,2	23,7	5,71	34,0	32,1	2,57	0,860	3,07	3,07	0,513	3,60	60
	0,236	281,2	139,0	20,0	5,67	31,2	14,4	2,06	0,560	2,56	2,56	0,471	2,63	70
	0,257	269,6	126,3	17,2	5,64	28,9	7,21	1,70	0,386	2,18	2,18	0,437	2,01	80
140	0,276	259,7	116,0	15,1	5,61	27,1	3,91	1,43	0,277	1,89	0,410	1,58	90	
	0,295	251,2	107,6	13,4	5,58	25,5	2,26	1,23	0,207	1,67	0,386	1,27	100	
	0,164	305,4	174,2	28,6	5,59	36,8	96,1	2,91	1,25	3,66	0,479	5,89	50	
	0,184	288,4	152,8	23,4	5,55	33,2	37,3	2,24	0,754	2,94	0,433	4,06	60	
	0,203	274,7	136,9	19,7	5,51	30,4	16,7	1,79	0,491	2,44	0,397	2,97	70	
	0,221	263,4	124,4	17,0	5,48	28,2	8,35	1,48	0,338	2,08	0,369	2,26	80	
	0,237	253,8	114,3	14,9	5,44	26,4	4,53	1,25	0,244	1,81	0,345	1,78	90	
	0,254	245,5	106,0	13,3	5,42	24,9	2,62	1,07	0,182	1,59	0,326	1,44	100	
	0,144	295,8	169,9	28,0	5,44	35,7	110,5	2,55	1,11	3,51	3,51	0,407	6,61	50
	0,161	279,2	149,1	22,9	5,40	32,2	42,9	1,96	0,668	2,82	2,82	0,368	4,56	60
180	0,178	266,0	133,5	19,4	5,36	29,5	19,2	1,57	0,435	2,35	0,338	3,33	70	
	0,193	255,0	121,3	16,7	5,33	27,4	9,61	1,30	0,300	2,00	0,313	2,54	80	
	0,208	245,7	111,5	14,7	5,30	25,6	5,21	1,09	0,216	1,74	0,293	2,00	90	
	0,222	237,7	103,4	13,0	5,27	24,1	3,01	0,94	0,161	1,53	0,277	1,61	100	

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
200	0,128	284,8	164,7	27,4	5,31	34,4	126,3	2,25	0,989	3,39	0,349	7,37	50	
	0,143	268,8	144,5	22,5	5,27	31,0	49,0	1,73	0,596	2,72	0,315	5,09	60	
	0,158	256,1	129,4	19,0	5,23	28,4	22,0	1,39	0,389	2,26	0,289	3,72	70	
	0,171	245,5	117,6	16,4	5,20	26,4	11,0	1,14	0,268	1,93	0,269	2,83	80	
	0,184	236,6	108,1	14,4	5,17	24,7	5,96	0,97	0,193	1,67	0,252	2,23	90	
	0,197	228,9	100,2	12,8	5,14	23,3	3,44	0,83	0,144	1,47	0,237	1,80	100	
	Зональный пояс 5													
	10	2,32	24,3	13,5	13,3	6,61	3,47	57,6	5,86	4,85	7,05	0,665	6,25	50
2,60		23,0	11,8	10,7	6,47	3,14	22,3	4,51	2,88	5,60	0,601	4,31	60	
2,86		21,9	10,6	8,95	6,35	2,87	10,0	3,61	1,86	4,60	0,552	3,15	70	
3,11		20,97	9,62	7,65	6,25	2,67	5,01	2,98	1,27	3,89	0,512	2,40	80	
3,35		20,2	8,84	6,66	6,16	2,49	2,71	2,51	0,91	3,35	0,479	1,89	90	
3,58		19,5	8,20	5,88	6,08	2,35	1,57	2,16	0,67	2,93	0,452	1,53	100	
1,06		77,8	43,4	22,0	8,01	10,1	41,4	7,52	4,29	7,72	0,964	4,39	50	
1,19		73,5	38,1	17,9	7,89	9,10	16,0	5,78	2,56	6,16	0,870	3,03	60	
20	1,31	70,0	34,1	15,0	7,79	8,35	7,20	4,63	1,65	5,09	0,799	2,22	70	
	1,42	67,1	31,0	12,8	7,70	7,74	3,60	3,82	1,13	4,32	0,741	1,69	80	
	1,53	64,7	28,5	11,2	7,62	7,24	1,95	3,22	0,812	3,73	0,694	1,33	90	
	1,63	62,6	26,4	9,89	7,55	6,83	1,13	2,77	0,602	3,28	0,655	1,07	100	
	0,483	170,8	96,8	30,7	8,13	20,7	41,0	7,25	3,20	7,16	0,964	4,11	50	
	0,541	161,3	84,9	24,9	8,04	18,6	15,9	5,58	1,92	5,74	0,871	2,84	60	
	0,596	153,6	76,0	20,9	7,97	17,1	7,14	4,47	1,24	4,76	0,799	2,07	70	
	0,647	147,3	69,1	18,0	7,90	15,9	3,57	3,68	0,853	4,04	0,742	1,58	80	
40	0,697	141,9	63,5	15,7	7,84	14,8	1,93	3,11	0,613	3,50	0,695	1,24	90	
	0,744	137,3	58,9	14,0	7,79	14,0	1,12	2,67	0,455	3,08	0,655	1,00	100	

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
60	0,305	227,1	130,6	34,2	7,82	26,7	47,4	6,22	2,49	6,54	0,813	4,52	50
	0,342	214,4	114,6	27,9	7,75	24,1	18,4	4,79	1,50	5,25	0,734	3,12	60
	0,376	204,3	102,6	23,5	7,68	22,1	8,25	3,83	0,971	4,36	0,674	2,28	70
	0,409	195,8	93,2	20,2	7,63	20,5	4,12	3,16	0,668	3,71	0,625	1,74	80
	0,440	188,7	85,7	17,7	7,58	19,2	2,24	2,67	0,480	3,22	0,586	1,37	90
	0,470	182,5	79,4	15,7	7,53	18,1	1,29	2,29	0,357	2,83	0,552	1,10	100
	0,220	257,1	149,6	35,7	7,50	29,9	56,2	5,26	2,01	6,07	0,667	5,13	50
	0,247	242,7	131,3	29,2	7,44	26,9	21,8	4,05	1,21	4,87	0,602	3,54	60
	0,272	231,2	117,6	24,6	7,38	24,7	9,78	3,24	0,787	4,05	0,553	2,59	70
	0,295	221,7	106,8	21,2	7,33	22,9	4,89	2,67	0,542	3,45	0,513	1,97	80
80	0,318	213,6	98,2	18,6	7,29	21,4	2,65	2,26	0,390	2,99	0,480	1,55	90
	0,340	206,6	91,0	16,5	7,25	20,2	1,53	1,94	0,290	2,63	0,453	1,25	100
	0,171	270,6	159,2	36,1	7,22	31,2	66,6	4,47	1,67	5,69	0,547	5,86	50
	0,192	255,5	139,7	29,5	7,16	28,1	25,8	3,43	1,01	4,57	0,494	4,04	60
	0,211	243,4	125,1	24,9	7,11	25,8	11,6	2,75	0,655	3,80	0,454	2,95	70
	0,229	233,3	113,7	21,5	7,06	23,9	5,79	2,27	0,451	3,23	0,421	2,25	80
	0,247	224,8	104,5	18,8	7,02	22,4	3,14	1,91	0,325	2,80	0,394	1,77	90
	0,264	217,5	96,9	16,8	6,98	21,1	1,82	1,64	0,242	2,47	0,372	1,43	100
	0,139	274,1	162,9	36,0	6,98	31,5	78,4	3,82	1,42	5,38	0,453	6,67	50
	0,156	258,8	142,9	29,4	6,92	28,4	30,4	2,94	0,854	4,32	0,409	4,60	60
120	0,172	246,5	128,0	24,8	6,87	26,0	13,6	2,35	0,556	3,59	0,375	3,36	70
	0,187	236,4	116,3	21,4	6,83	24,2	6,82	1,94	0,383	3,06	0,348	2,56	80
	0,201	227,7	106,9	18,8	6,79	22,6	3,70	1,64	0,276	2,65	0,326	2,02	90
	0,215	220,3	99,1	16,7	6,75	21,3	2,14	1,41	0,206	2,34	0,308	1,63	100

Окончание приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
140	0,117	271,5	162,8	35,5	6,76	31,1	91,6	3,30	1,22	5,12	0,378	7,56	50
	0,131	256,4	142,8	29,1	6,71	28,1	35,5	2,54	0,736	4,11	0,341	5,22	60
	0,144	244,2	127,9	24,6	6,66	25,8	15,9	2,03	0,480	3,42	0,313	3,81	70
	0,157	234,1	116,2	21,2	6,61	23,9	7,97	1,68	0,331	2,91	0,291	2,91	80
160	0,169	225,6	106,8	18,6	6,58	22,4	4,32	1,41	0,239	2,52	0,272	2,29	90
	0,180	218,2	99,0	16,6	6,54	21,1	2,50	1,21	0,178	2,22	0,257	1,85	100
	0,100	265,3	160,3	34,8	6,57	30,4	106,2	2,87	1,07	4,90	0,318	8,53	50
	0,113	250,5	140,7	28,6	6,52	27,4	41,2	2,21	0,643	3,93	0,288	5,89	60
180	0,124	238,6	125,9	24,1	6,47	25,2	18,5	1,77	0,420	3,27	0,264	4,30	70
	0,135	228,8	114,4	20,8	6,42	23,3	9,24	1,46	0,290	2,78	0,245	3,28	80
	0,145	220,4	105,2	18,3	6,39	21,8	5,01	1,23	0,209	2,41	0,229	2,58	90
	0,155	213,2	97,5	16,3	6,35	20,6	2,90	1,06	0,156	2,13	0,216	2,08	100
200	0,088	256,9	156,4	34,1	6,40	29,5	122,2	2,52	0,941	4,70	0,271	9,57	50
	0,099	242,6	137,2	28,0	6,34	26,6	47,4	1,94	0,568	3,78	0,245	6,60	60
	0,108	231,1	122,9	23,6	6,29	24,4	21,3	1,55	0,371	3,14	0,224	4,83	70
	0,118	221,5	111,6	20,4	6,25	22,6	10,6	1,28	0,256	2,67	0,208	3,68	80
200	0,127	213,5	102,6	18,0	6,21	21,2	5,76	1,08	0,185	2,32	0,195	2,89	90
	0,136	206,5	95,1	16,0	6,18	19,9	3,33	0,927	0,138	2,04	0,184	2,34	100
	0,078	247,3	151,6	33,3	6,24	28,4	139,7	2,22	0,838	4,53	0,232	10,68	50
	0,087	233,5	133,0	27,3	6,18	25,6	54,1	1,71	0,506	3,64	0,210	7,37	60
200	0,096	222,4	119,1	23,1	6,13	23,5	24,3	1,37	0,331	3,02	0,192	5,39	70
	0,105	213,3	108,2	20,0	6,09	21,8	12,1	1,13	0,228	2,57	0,179	4,11	80
	0,113	205,5	99,5	17,6	6,05	20,4	6,58	0,953	0,165	2,23	0,167	3,23	90
	0,120	198,8	92,2	15,7	6,02	19,2	3,81	0,819	0,123	1,96	0,158	2,61	100

Приложение 2

Возрастная динамика фитомассы и ЧПП лиственников по зональным поясам с учетом степеней континентальности климата Евразии (обозначения в тексте)

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
10	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19						
		35	10,26	11,14	5,34	4,05	2,00	11,39	5,49	16,88	1,78	1,17	2,37	2,09	5,63	10,30	15,92	0,39						
		45	11,87	10,57	5,23	3,64	2,04	10,91	5,03	15,94	3,37	1,03	1,34	2,10	4,46	4,61	9,07	0,46						
		55	13,35	10,13	5,15	3,35	2,07	10,56	4,68	15,25	5,62	0,93	0,85	2,11	3,88	2,43	6,31	0,52						
		65	14,71	9,78	5,08	3,12	2,09	10,29	4,42	14,71	8,59	0,85	0,58	2,11	3,54	1,42	4,96	0,58						
		75	15,99	9,49	5,02	2,94	2,11	10,07	4,20	14,27	12,37	0,79	0,42	2,12	3,32	0,90	4,22	0,63						
		85	17,20	9,24	4,97	2,79	2,13	9,88	4,02	13,90	17,01	0,74	0,31	2,12	3,17	0,60	3,78	0,68						
		95	18,36	9,02	4,92	2,66	2,15	9,72	3,87	13,59	22,58	0,70	0,24	2,12	3,07	0,42	3,49	0,73						
		35	4,27	27,11	12,59	4,79	1,74	19,12	10,0	29,14	0,41	1,20	1,71	1,79	4,70	20,02	24,72	0,35						
		45	4,95	25,70	12,33	4,30	1,79	18,42	9,18	27,60	0,77	1,05	0,96	1,81	3,83	8,96	12,79	0,41						
55	5,56	24,64	12,13	3,96	1,82	17,90	8,55	26,46	1,28	0,95	0,61	1,82	3,38	4,72	8,10	0,46								
65	6,13	23,78	11,96	3,69	1,85	17,50	8,06	25,56	1,96	0,87	0,42	1,84	3,12	2,77	5,89	0,52								
75	6,67	23,08	11,82	3,47	1,87	17,16	7,67	24,83	2,82	0,81	0,30	1,84	2,95	1,75	4,70	0,56								
85	7,17	22,47	11,70	3,29	1,89	16,89	7,34	24,22	3,88	0,76	0,23	1,85	2,84	1,17	4,01	0,61								
95	7,65	21,95	11,60	3,14	1,91	16,65	7,06	23,70	5,15	0,72	0,18	1,86	2,75	0,82	3,57	0,65								
40	1	35	1,94	51,47	23,66	5,49	1,51	30,66	15,5	46,15	0,19	1,09	1,19	1,53	3,81	23,67	27,48	0,37						
		45	2,25	48,81	23,17	4,94	1,56	29,67	14,2	43,85	0,35	0,96	0,67	1,56	3,18	10,60	13,78	0,43						
		55	2,53	46,78	22,79	4,54	1,59	28,92	13,2	42,14	0,59	0,86	0,42	1,57	2,86	5,58	8,44	0,49						
		65	2,79	45,16	22,48	4,23	1,62	28,33	12,5	40,79	0,90	0,79	0,29	1,59	2,67	3,27	5,94	0,54						
		75	3,03	43,82	22,22	3,98	1,65	27,85	11,8	39,70	1,30	0,73	0,21	1,60	2,54	2,07	4,61	0,60						
		85	3,26	42,68	21,99	3,77	1,67	27,44	11,3	38,78	1,79	0,69	0,16	1,61	2,45	1,39	3,84	0,65						
		95	3,48	41,69	21,79	3,60	1,69	27,08	10,9	37,99	2,37	0,65	0,12	1,62	2,39	0,97	3,36	0,69						

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га					
					P <sub>s</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>	P <sub>r</sub>	P <sub>t</sub>	P <sub>u</sub>	Z <sub>s</sub>	Z <sub>b</sub>	Z <sub>f</sub>	Z <sub>a</sub>	Z <sub>r</sub>	Z <sub>t</sub>	Z <sub>u</sub>		
60		35	1,27	66,77	30,81	5,86	1,39	38,06	18,5	56,55	0,16	0,97	0,94	1,40	3,32	20,73	24,05	0,41		
		45	1,48	63,32	30,18	5,27	1,44	36,89	16,9	53,82	0,31	0,85	0,53	1,42	2,81	9,28	12,09	0,48		
		55	1,66	60,70	29,68	4,84	1,47	36,00	15,8	51,78	0,52	0,77	0,34	1,44	2,55	4,89	7,44	0,55		
		65	1,83	58,59	29,28	4,52	1,50	35,30	14,9	50,17	0,80	0,71	0,23	1,46	2,39	2,86	5,26	0,61		
		75	1,99	56,85	28,93	4,25	1,53	34,71	14,1	48,86	1,15	0,66	0,17	1,47	2,29	1,81	4,10	0,66		
80		85	2,14	55,37	28,64	4,03	1,55	34,22	13,5	47,76	1,58	0,62	0,13	1,48	2,22	1,21	3,44	0,72		
		95	2,28	54,08	28,38	3,85	1,57	33,80	13,0	46,81	2,09	0,58	0,10	1,49	2,17	0,85	3,02	0,77		
		35	0,96	76,30	35,45	6,10	1,32	42,87	20,3	63,13	0,17	0,88	0,80	1,32	2,99	17,02	20,01	0,46		
		45	1,11	72,35	34,72	5,49	1,36	41,58	18,5	60,12	0,33	0,77	0,45	1,34	2,56	7,62	10,18	0,54		
		55	1,25	69,35	34,15	5,04	1,40	40,60	17,3	57,88	0,55	0,69	0,28	1,36	2,34	4,01	6,35	0,61		
100		65	1,38	66,95	33,69	4,70	1,43	39,82	16,3	56,11	0,84	0,64	0,19	1,37	2,21	2,35	4,56	0,68		
		75	1,50	64,95	33,29	4,43	1,45	39,17	15,5	54,67	1,21	0,59	0,14	1,39	2,12	1,49	3,61	0,74		
		85	1,61	63,26	32,95	4,20	1,47	38,63	14,8	53,46	1,67	0,55	0,11	1,40	2,06	1,00	3,06	0,80		
		95	1,72	61,79	32,65	4,01	1,49	38,15	14,3	52,41	2,21	0,52	0,08	1,41	2,01	0,70	2,71	0,86		
		35	0,78	82,16	38,48	6,28	1,26	46,02	21,3	67,33	0,20	0,80	0,70	1,26	2,75	13,77	16,52	0,51		
100		45	0,91	77,91	37,69	5,65	1,31	44,64	19,5	64,15	0,38	0,70	0,39	1,28	2,37	6,16	8,54	0,60		
		55	1,02	74,68	37,07	5,19	1,34	43,60	18,2	61,78	0,63	0,63	0,25	1,30	2,18	3,24	5,42	0,68		
		65	1,12	72,09	36,57	4,83	1,37	42,77	17,1	59,92	0,96	0,58	0,17	1,31	2,06	1,90	3,97	0,76		
		75	1,22	69,95	36,14	4,55	1,40	42,09	16,3	58,39	1,38	0,54	0,12	1,33	1,99	1,20	3,19	0,83		
		85	1,31	68,12	35,77	4,32	1,42	41,51	15,6	57,11	1,89	0,50	0,09	1,34	1,94	0,81	2,74	0,90		
95	1,40	66,54	35,44	4,12	1,44	41,00	15,0	56,01	2,51	0,48	0,07	1,35	1,90	0,57	2,46	0,96				

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					P <sub>s</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>	P <sub>r</sub>	P <sub>t</sub>	P <sub>u</sub>	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
120		35	0,66	85,63	40,43	6,41	1,22	48,06	21,9	69,99	0,23	0,73	0,62	1,21	2,56	11,14	13,70	0,57						
		45	0,77	81,21	39,60	5,76	1,27	46,63	20,1	66,71	0,44	0,64	0,35	1,23	2,22	4,99	7,21	0,66						
		55	0,86	77,84	38,96	5,29	1,30	45,55	18,7	64,26	0,73	0,58	0,22	1,25	2,05	2,63	4,68	0,75						
		65	0,95	75,14	38,42	4,93	1,33	44,69	17,6	62,33	1,12	0,53	0,15	1,27	1,95	1,54	3,49	0,84						
		75	1,04	72,90	37,97	4,65	1,36	43,98	16,8	60,75	1,61	0,49	0,11	1,28	1,88	0,97	2,86	0,91						
		85	1,11	71,00	37,59	4,41	1,38	43,37	16,1	59,43	2,22	0,46	0,08	1,29	1,84	0,65	2,49	0,99						
140	1	95	1,19	69,35	37,24	4,20	1,40	42,85	15,4	58,29	2,94	0,44	0,06	1,30	1,80	0,46	2,26	1,06						
		35	0,58	87,51	41,65	6,51	1,19	49,35	22,3	71,61	0,28	0,67	0,56	1,17	2,41	9,07	11,48	0,62						
		45	0,67	82,99	40,80	5,85	1,23	47,88	20,4	68,27	0,52	0,59	0,32	1,20	2,11	4,06	6,17	0,73						
		55	0,76	79,54	40,13	5,38	1,27	46,78	19,0	65,77	0,87	0,53	0,20	1,22	1,95	2,14	4,09	0,83						
		65	0,83	76,79	39,58	5,01	1,30	45,89	17,9	63,81	1,33	0,49	0,14	1,23	1,86	1,25	3,11	0,92						
		75	0,91	74,50	39,12	4,72	1,32	45,16	17,0	62,20	1,92	0,45	0,10	1,25	1,80	0,79	2,59	1,00						
160		85	0,98	72,56	38,72	4,48	1,35	44,54	16,3	60,84	2,63	0,43	0,07	1,26	1,76	0,53	2,29	1,09						
		95	1,04	70,87	38,37	4,27	1,36	44,00	15,7	59,68	3,50	0,40	0,06	1,27	1,73	0,37	2,10	1,16						
		35	0,52	88,29	42,35	6,59	1,16	50,10	22,4	72,51	0,33	0,63	0,52	1,14	2,28	7,44	9,72	0,68						
		45	0,60	83,72	41,48	5,92	1,21	48,61	20,5	69,13	0,62	0,55	0,29	1,17	2,01	3,33	5,34	0,79						
		55	0,68	80,25	40,80	5,44	1,24	47,49	19,1	66,61	1,04	0,50	0,18	1,19	1,87	1,75	3,62	0,90						
		65	0,75	77,47	40,25	5,07	1,27	46,59	18,0	64,62	1,59	0,45	0,13	1,20	1,78	1,03	2,81	1,00						
160		75	0,81	75,16	39,78	4,78	1,30	45,85	17,1	63,00	2,29	0,42	0,09	1,22	1,73	0,65	2,38	1,10						
		85	0,87	73,20	39,37	4,53	1,32	45,22	16,4	61,63	3,14	0,40	0,07	1,23	1,69	0,44	2,13	1,19						
		95	0,93	71,50	39,01	4,32	1,34	44,67	15,8	60,45	4,17	0,37	0,05	1,24	1,66	0,31	1,97	1,27						

Продолжение приложения 2

A, лет	Zon	IC	N	Запас M, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
180	1	35	0,47	88,30	42,68	6,65	1,14	50,47	22,4	72,90	0,39	0,58	0,48	1,12	2,18	6,15	8,33	0,74						
		45	0,55	83,74	41,80	5,98	1,18	48,97	20,5	69,50	0,74	0,51	0,27	1,14	1,92	2,76	4,68	0,86						
		55	0,61	80,27	41,12	5,50	1,22	47,84	19,1	66,97	1,24	0,46	0,17	1,16	1,79	1,45	3,24	0,98						
		65	0,68	77,48	40,56	5,12	1,25	46,93	18,0	64,97	1,90	0,42	0,12	1,18	1,72	0,85	2,57	1,09						
		75	0,74	75,18	40,08	4,82	1,27	46,18	17,2	63,34	2,73	0,39	0,08	1,19	1,67	0,54	2,21	1,19						
		85	0,79	73,22	39,67	4,58	1,29	45,54	16,4	61,97	3,76	0,37	0,06	1,20	1,63	0,36	2,00	1,29						
		95	0,85	71,52	39,31	4,37	1,31	44,99	15,8	60,78	4,98	0,35	0,05	1,21	1,61	0,25	1,86	1,38						
		35	0,43	87,79	42,73	6,71	1,12	50,56	22,4	72,91	0,47	0,55	0,44	1,09	2,09	5,13	7,22	0,80						
		45	0,50	83,25	41,86	6,03	1,16	49,06	20,5	69,52	0,89	0,48	0,25	1,12	1,85	2,30	4,15	0,93						
		55	0,57	79,79	41,18	5,54	1,20	47,92	19,1	66,99	1,48	0,43	0,16	1,14	1,73	1,21	2,94	1,06						
200	1	65	0,62	77,03	40,61	5,17	1,23	47,01	18,0	64,99	2,26	0,40	0,11	1,16	1,66	0,71	2,37	1,17						
		75	0,68	74,74	40,14	4,86	1,25	46,25	17,1	63,35	3,26	0,37	0,08	1,17	1,62	0,45	2,06	1,29						
		85	0,73	72,79	39,73	4,61	1,27	45,62	16,4	61,98	4,48	0,35	0,06	1,18	1,59	0,30	1,89	1,39						
		95	0,78	71,10	39,37	4,40	1,29	45,06	15,7	60,80	5,95	0,33	0,05	1,19	1,56	0,21	1,77	1,49						
		35	7,07	31,85	15,47	10,0	4,18	29,67	10,3	39,93	2,87	4,19	6,60	4,37	15,2	8,44	23,60	0,56						
		45	8,19	30,20	15,15	9,02	4,27	28,44	9,4	37,83	5,43	3,68	3,73	4,40	11,8	3,78	15,59	0,65						
		55	9,21	28,95	14,90	8,28	4,34	27,53	8,7	36,28	9,05	3,32	2,36	4,43	10,1	1,99	12,10	0,74						
		65	10,15	27,94	14,70	7,72	4,40	26,82	8,3	35,07	13,85	3,05	1,61	4,44	9,10	1,17	10,27	0,82						
		75	11,03	27,11	14,53	7,27	4,45	26,24	7,8	34,09	19,94	2,83	1,17	4,46	8,45	0,74	9,19	0,90						
		85	11,87	26,41	14,38	6,90	4,49	25,76	7,5	33,27	27,42	2,65	0,88	4,47	8,00	0,49	8,49	0,97						
95	12,66	25,79	14,25	6,58	4,52	25,35	7,2	32,57	36,39	2,50	0,68	4,48	7,66	0,35	8,01	1,05								
10	2	35	0,47	88,30	42,68	6,65	1,14	50,47	22,4	72,90	0,39	0,58	0,48	1,12	2,18	6,15	8,33	0,74						
		45	0,55	83,74	41,80	5,98	1,18	48,97	20,5	69,50	0,74	0,51	0,27	1,14	1,92	2,76	4,68	0,86						
		55	0,61	80,27	41,12	5,50	1,22	47,84	19,1	66,97	1,24	0,46	0,17	1,16	1,79	1,45	3,24	0,98						
		65	0,68	77,48	40,56	5,12	1,25	46,93	18,0	64,97	1,90	0,42	0,12	1,18	1,72	0,85	2,57	1,09						
		75	0,74	75,18	40,08	4,82	1,27	46,18	17,2	63,34	2,73	0,39	0,08	1,19	1,67	0,54	2,21	1,19						
		85	0,79	73,22	39,67	4,58	1,29	45,54	16,4	61,97	3,76	0,37	0,06	1,20	1,63	0,36	2,00	1,29						
		95	0,85	71,52	39,31	4,37	1,31	44,99	15,8	60,78	4,98	0,35	0,05	1,21	1,61	0,25	1,86	1,38						
		35	0,43	87,79	42,73	6,71	1,12	50,56	22,4	72,91	0,47	0,55	0,44	1,09	2,09	5,13	7,22	0,80						
		45	0,50	83,25	41,86	6,03	1,16	49,06	20,5	69,52	0,89	0,48	0,25	1,12	1,85	2,30	4,15	0,93						
		55	0,57	79,79	41,18	5,54	1,20	47,92	19,1	66,99	1,48	0,43	0,16	1,14	1,73	1,21	2,94	1,06						

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
20		35	2,95	77,47	36,45	11,8	3,60	51,90	18,7	70,62	0,65	4,30	4,76	3,70	12,8	16,41	29,17	0,50						
		45	3,41	73,46	35,71	10,7	3,69	50,05	17,1	67,20	1,24	3,78	2,69	3,75	10,2	7,34	17,56	0,58						
		55	3,84	70,42	35,12	9,79	3,77	48,68	16,0	64,66	2,06	3,40	1,70	3,78	8,89	3,87	12,76	0,66						
		65	4,23	67,98	34,64	9,12	3,83	47,60	15,1	62,66	3,16	3,12	1,16	3,81	8,10	2,27	10,36	0,74						
		75	4,60	65,95	34,24	8,59	3,88	46,71	14,3	61,04	4,55	2,90	0,84	3,83	7,57	1,43	9,01	0,81						
		85	4,95	64,23	33,89	8,15	3,93	45,97	13,7	59,68	6,25	2,72	0,63	3,85	7,20	0,96	8,16	0,87						
		95	5,28	62,74	33,58	7,78	3,97	45,33	13,2	58,51	8,30	2,57	0,49	3,87	6,93	0,67	7,60	0,94						
		35	1,34	147,1	68,50	13,6	3,08	85,17	28,9	114,1	0,30	3,91	3,31	3,13	10,3	19,40	29,75	0,53						
		45	1,55	139,5	67,10	12,2	3,18	82,50	26,5	109,0	0,57	3,43	1,87	3,18	8,49	8,68	17,17	0,62						
		55	1,74	133,7	66,00	11,2	3,26	80,49	24,7	105,2	0,95	3,09	1,18	3,22	7,50	4,57	12,07	0,70						
40		65	1,92	129,1	65,10	10,5	3,32	78,89	23,3	102,2	1,46	2,84	0,81	3,26	6,90	2,68	9,58	0,78						
		75	2,09	125,2	64,34	9,85	3,38	77,57	22,1	99,70	2,10	2,64	0,58	3,28	6,50	1,70	8,20	0,85						
		85	2,25	122,0	63,68	9,34	3,43	76,45	21,2	97,63	2,88	2,47	0,44	3,31	6,22	1,14	7,35	0,92						
		95	2,40	119,1	63,10	8,92	3,47	75,49	20,4	95,86	3,83	2,33	0,34	3,33	6,00	0,80	6,80	0,99						
		35	0,88	190,8	89,20	14,51	2,83	106,5	34,5	141,1	0,27	3,49	2,63	2,84	8,97	16,99	25,96	0,59						
		45	1,02	181,0	87,38	13,05	2,92	103,3	31,6	135,0	0,50	3,07	1,49	2,90	7,45	7,61	15,06	0,69						
		55	1,14	173,5	85,95	11,99	3,00	100,9	29,5	130,4	0,84	2,77	0,94	2,94	6,65	4,00	10,65	0,78						
		65	1,26	167,5	84,77	11,18	3,06	99,01	27,8	126,8	1,28	2,54	0,64	2,97	6,16	2,35	8,50	0,87						
		75	1,37	162,5	83,78	10,52	3,12	97,42	26,4	123,8	1,85	2,36	0,47	3,00	5,82	1,49	7,31	0,95						
		85	1,48	158,2	82,92	9,98	3,17	96,07	25,3	121,4	2,54	2,21	0,35	3,03	5,59	1,00	6,58	1,03						
95	1,57	154,6	82,17	9,52	3,21	94,90	24,3	119,2	3,37	2,08	0,27	3,05	5,41	0,70	6,10	1,10								
60		35	2,95	77,47	36,45	11,8	3,60	51,90	18,7	70,62	0,65	4,30	4,76	3,70	12,8	16,41	29,17	0,50						
		45	3,41	73,46	35,71	10,7	3,69	50,05	17,1	67,20	1,24	3,78	2,69	3,75	10,2	7,34	17,56	0,58						
		55	3,84	70,42	35,12	9,79	3,77	48,68	16,0	64,66	2,06	3,40	1,70	3,78	8,89	3,87	12,76	0,66						
		65	4,23	67,98	34,64	9,12	3,83	47,60	15,1	62,66	3,16	3,12	1,16	3,81	8,10	2,27	10,36	0,74						
		75	4,60	65,95	34,24	8,59	3,88	46,71	14,3	61,04	4,55	2,90	0,84	3,83	7,57	1,43	9,01	0,81						
		85	4,95	64,23	33,89	8,15	3,93	45,97	13,7	59,68	6,25	2,72	0,63	3,85	7,20	0,96	8,16	0,87						
		95	5,28	62,74	33,58	7,78	3,97	45,33	13,2	58,51	8,30	2,57	0,49	3,87	6,93	0,67	7,60	0,94						
		35	1,34	147,1	68,50	13,6	3,08	85,17	28,9	114,1	0,30	3,91	3,31	3,13	10,3	19,40	29,75	0,53						
		45	1,55	139,5	67,10	12,2	3,18	82,50	26,5	109,0	0,57	3,43	1,87	3,18	8,49	8,68	17,17	0,62						
		55	1,74	133,7	66,00	11,2	3,26	80,49	24,7	105,2	0,95	3,09	1,18	3,22	7,50	4,57	12,07	0,70						

Продолжение приложения 2

A, лет	Zon	IC	N	Запас M, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					P <sub>s</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>	P <sub>r</sub>	P <sub>t</sub>	P <sub>u</sub>	Z <sub>s</sub>	Z <sub>b</sub>	Z <sub>f</sub>	Z <sub>a</sub>	Z <sub>r</sub>	Z <sub>t</sub>	Z <sub>u</sub>						
80		35	0,66	218,1	102,6	15,11	2,66	120,4	37,8	158,2	0,28	3,15	2,22	2,66	8,03	13,95	21,98	0,66						
		45	0,77	206,8	100,5	13,59	2,76	116,9	34,6	151,5	0,53	2,76	1,25	2,72	6,73	6,24	12,98	0,77						
		55	0,86	198,2	98,89	12,49	2,83	114,2	32,3	146,5	0,89	2,49	0,79	2,76	6,04	3,29	9,33	0,87						
		65	0,95	191,3	97,54	11,64	2,90	112,1	30,4	142,5	1,36	2,28	0,54	2,79	5,62	1,93	7,55	0,97						
		75	1,04	185,6	96,40	10,96	2,95	110,3	28,9	139,3	1,95	2,12	0,39	2,82	5,34	1,22	6,56	1,06						
		85	1,11	180,8	95,41	10,39	3,00	108,8	27,7	136,5	2,69	1,99	0,30	2,85	5,13	0,82	5,95	1,15						
		95	1,19	176,6	94,55	9,92	3,04	107,5	26,6	134,1	3,57	1,88	0,23	2,87	4,98	0,57	5,55	1,23						
		35	0,54	234,8	111,4	15,53	2,54	129,5	39,8	169,3	0,32	2,86	1,94	2,53	7,33	11,28	18,61	0,73						
		45	0,62	222,7	109,1	13,97	2,64	125,7	36,4	162,2	0,60	2,51	1,09	2,59	6,19	5,05	11,24	0,86						
		55	0,70	213,4	107,3	12,84	2,71	122,9	34,0	156,9	1,01	2,26	0,69	2,63	5,59	2,66	8,25	0,97						
100	2	65	0,77	206,0	105,9	11,97	2,78	120,6	32,0	152,6	1,54	2,08	0,47	2,67	5,22	1,56	6,77	1,08						
		75	0,84	199,9	104,6	11,27	2,83	118,7	30,5	149,2	2,22	1,93	0,34	2,70	4,97	0,99	5,95	1,18						
		85	0,90	194,7	103,6	10,69	2,88	117,1	29,1	146,3	3,05	1,81	0,26	2,72	4,79	0,66	5,45	1,28						
		95	0,97	190,2	102,6	10,20	2,92	115,7	28,0	143,8	4,05	1,71	0,20	2,74	4,65	0,46	5,11	1,37						
		35	0,46	244,7	117,1	15,86	2,46	135,4	41,0	176,3	0,37	2,62	1,73	2,43	6,78	9,13	15,92	0,81						
		45	0,53	232,1	114,7	14,26	2,55	131,5	37,5	169,0	0,71	2,30	0,98	2,49	5,77	4,09	9,85	0,95						
		55	0,60	222,5	112,8	13,10	2,62	128,5	35,0	163,5	1,18	2,07	0,62	2,53	5,22	2,15	7,38	1,07						
		65	0,66	214,8	111,3	12,21	2,69	126,2	33,0	159,1	1,81	1,90	0,42	2,57	4,89	1,26	6,15	1,19						
		75	0,71	208,4	110,0	11,50	2,74	124,2	31,3	155,5	2,60	1,77	0,31	2,60	4,67	0,80	5,47	1,31						
		85	0,77	202,9	108,8	10,91	2,79	122,5	30,0	152,5	3,58	1,66	0,23	2,62	4,51	0,53	5,04	1,41						
120		95	0,82	198,2	107,8	10,41	2,83	121,1	28,8	149,9	4,75	1,56	0,18	2,65	4,39	0,37	4,76	1,52						

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
140		35	0,40	250,1	120,6	16,10	2,38	139,1	41,6	180,7	0,44	2,42	1,57	2,35	6,34	7,43	13,77	0,89						
		45	0,46	237,2	118,1	14,49	2,48	135,1	38,1	173,2	0,84	2,12	0,88	2,41	5,42	3,33	8,75	1,04						
		55	0,52	227,3	116,2	13,31	2,55	132,1	35,5	167,5	1,40	1,91	0,56	2,45	4,93	1,75	6,68	1,18						
		65	0,58	219,5	114,6	12,41	2,61	129,6	33,5	163,1	2,14	1,76	0,38	2,49	4,63	1,03	5,65	1,31						
		75	0,63	212,9	113,3	11,68	2,67	127,6	31,8	159,4	3,09	1,63	0,28	2,52	4,43	0,65	5,08	1,43						
		85	0,67	207,4	112,1	11,08	2,72	125,9	30,5	156,4	4,25	1,53	0,21	2,55	4,28	0,44	4,72	1,55						
		95	0,72	202,6	111,1	10,57	2,76	124,4	29,3	153,7	5,64	1,44	0,16	2,57	4,17	0,31	4,48	1,66						
		35	0,36	252,3	122,6	16,30	2,33	141,3	41,9	183,1	0,53	2,24	1,44	2,29	5,97	6,10	12,07	0,97						
		45	0,42	239,3	120,1	14,67	2,42	137,2	38,3	175,5	1,00	1,97	0,81	2,35	5,13	2,73	7,86	1,13						
		55	0,47	229,4	118,1	13,48	2,49	134,1	35,7	169,8	1,67	1,78	0,51	2,39	4,68	1,44	6,12	1,29						
160	2	65	0,51	221,4	116,5	12,56	2,55	131,6	33,7	165,3	2,56	1,63	0,35	2,42	4,41	0,84	5,25	1,43						
		75	0,56	214,8	115,2	11,82	2,61	129,6	32,0	161,6	3,69	1,51	0,25	2,45	4,22	0,53	4,75	1,56						
		85	0,60	209,2	114,0	11,22	2,66	127,9	30,7	158,5	5,07	1,42	0,19	2,48	4,09	0,36	4,45	1,69						
		95	0,64	204,4	113,0	10,70	2,70	126,4	29,5	155,8	6,73	1,34	0,15	2,50	3,99	0,25	4,24	1,82						
		35	0,33	252,4	123,6	16,47	2,28	142,3	41,9	184,2	0,63	2,09	1,33	2,24	5,66	5,04	10,70	1,05						
		45	0,38	239,3	121,0	14,81	2,37	138,2	38,4	176,6	1,20	1,84	0,75	2,29	4,88	2,26	7,14	1,23						
		55	0,42	229,4	119,1	13,61	2,44	135,1	35,7	170,9	2,00	1,66	0,48	2,33	4,47	1,19	5,66	1,40						
		65	0,47	221,5	117,4	12,68	2,50	132,6	33,7	166,3	3,06	1,52	0,33	2,37	4,22	0,70	4,91	1,55						
		75	0,51	214,9	116,1	11,94	2,56	130,6	32,1	162,6	4,40	1,41	0,23	2,40	4,05	0,44	4,49	1,70						
		85	0,55	209,3	114,9	11,33	2,61	128,8	30,7	159,5	6,05	1,32	0,18	2,43	3,93	0,30	4,22	1,84						
95	0,58	204,4	113,8	10,81	2,65	127,3	29,5	156,8	8,04	1,25	0,14	2,45	3,84	0,21	4,04	1,97								
180		35	0,40	250,1	120,6	16,10	2,38	139,1	41,6	180,7	0,44	2,42	1,57	2,35	6,34	7,43	13,77	0,89						
		45	0,46	237,2	118,1	14,49	2,48	135,1	38,1	173,2	0,84	2,12	0,88	2,41	5,42	3,33	8,75	1,04						
		55	0,52	227,3	116,2	13,31	2,55	132,1	35,5	167,5	1,40	1,91	0,56	2,45	4,93	1,75	6,68	1,18						
		65	0,58	219,5	114,6	12,41	2,61	129,6	33,5	163,1	2,14	1,76	0,38	2,49	4,63	1,03	5,65	1,31						
		75	0,63	212,9	113,3	11,68	2,67	127,6	31,8	159,4	3,09	1,63	0,28	2,52	4,43	0,65	5,08	1,43						
		85	0,67	207,4	112,1	11,08	2,72	125,9	30,5	156,4	4,25	1,53	0,21	2,55	4,28	0,44	4,72	1,55						
		95	0,72	202,6	111,1	10,57	2,76	124,4	29,3	153,7	5,64	1,44	0,16	2,57	4,17	0,31	4,48	1,66						
		35	0,36	252,3	122,6	16,30	2,33	141,3	41,9	183,1	0,53	2,24	1,44	2,29	5,97	6,10	12,07	0,97						
		45	0,42	239,3	120,1	14,67	2,42	137,2	38,3	175,5	1,00	1,97	0,81	2,35	5,13	2,73	7,86	1,13						
		55	0,47	229,4	118,1	13,48	2,49	134,1	35,7	169,8	1,67	1,78	0,51	2,39	4,68	1,44	6,12	1,29						

Продолжение приложения 2

A, лет	Zon	IC	N	Запас M, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га					
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu		
200	2	35	0,30	250,9	123,7	16,60	2,24	142,6	41,8	184,3	0,75	1,96	1,24	2,19	5,39	4,20	9,59	1,14		
		45	0,35	237,9	121,2	14,93	2,33	138,5	38,2	176,7	1,43	1,72	0,70	2,24	4,67	1,88	6,55	1,33		
		55	0,39	228,1	119,2	13,72	2,40	135,3	35,6	171,0	2,38	1,55	0,44	2,29	4,28	0,99	5,27	1,51		
		65	0,43	220,2	117,6	12,79	2,46	132,8	33,6	166,4	3,65	1,42	0,30	2,32	4,05	0,58	4,63	1,68		
		75	0,47	213,6	116,2	12,04	2,52	130,8	31,9	162,7	5,25	1,32	0,22	2,35	3,90	0,37	4,26	1,84		
		85	0,50	208,0	115,0	11,42	2,56	129,0	30,6	159,6	7,22	1,24	0,16	2,38	3,79	0,25	4,03	1,99		
		95	0,54	203,2	114,0	10,90	2,60	127,5	29,4	156,9	9,58	1,17	0,13	2,40	3,70	0,17	3,88	2,13		
		35	5,69	45,46	21,11	11,32	4,78	37,21	10,9	48,15	3,57	4,62	6,11	4,97	15,7	6,82	22,52	0,68		
		45	6,59	43,11	20,67	10,18	4,89	35,74	10,0	45,77	6,78	4,06	3,45	5,01	12,5	3,05	15,57	0,79		
		55	7,41	41,32	20,34	9,36	4,97	34,66	9,3	44,01	11,29	3,66	2,19	5,04	10,9	1,61	12,49	0,90		
10		65	8,17	39,89	20,06	8,72	5,04	33,82	8,8	42,63	17,28	3,36	1,49	5,07	9,92	0,94	10,86	1,00		
		75	8,88	38,70	19,82	8,21	5,10	33,13	8,4	41,51	24,87	3,12	1,08	5,08	9,28	0,60	9,88	1,09		
		85	9,55	37,69	19,62	7,79	5,15	32,56	8,0	40,58	34,20	2,92	0,81	5,10	8,83	0,40	9,23	1,18		
		95	10,19	36,82	19,44	7,43	5,20	32,07	7,7	39,78	45,40	2,76	0,63	5,11	8,50	0,28	8,78	1,27		
		35	2,37	110,6	49,74	13,38	4,08	67,20	20,0	87,19	0,81	4,74	4,41	4,18	13,3	13,25	26,58	0,61		
		45	2,75	104,9	48,72	12,04	4,19	64,95	18,3	83,25	1,54	4,16	2,49	4,24	10,9	5,93	16,82	0,71		
		55	3,09	100,5	47,93	11,06	4,28	63,27	17,1	80,32	2,57	3,75	1,58	4,28	9,61	3,12	12,73	0,81		
		65	3,40	97,03	47,27	10,31	4,36	61,94	16,1	78,02	3,94	3,44	1,08	4,31	8,83	1,83	10,66	0,89		
		75	3,70	94,14	46,72	9,70	4,42	60,84	15,3	76,14	5,67	3,20	0,78	4,34	8,32	1,16	9,48	0,98		
		85	3,98	91,69	46,24	9,20	4,48	59,92	14,6	74,56	7,80	3,00	0,59	4,36	7,95	0,78	8,72	1,06		
95	4,25	89,56	45,82	8,78	4,53	59,13	14,1	73,20	10,35	2,83	0,45	4,39	7,67	0,54	8,21	1,14				
20	3	35	0,30	250,9	123,7	16,60	2,24	142,6	41,8	184,3	0,75	1,96	1,24	2,19	5,39	4,20	9,59	1,14		
		45	0,35	237,9	121,2	14,93	2,33	138,5	38,2	176,7	1,43	1,72	0,70	2,24	4,67	1,88	6,55	1,33		
		55	0,39	228,1	119,2	13,72	2,40	135,3	35,6	171,0	2,38	1,55	0,44	2,29	4,28	0,99	5,27	1,51		
		65	0,43	220,2	117,6	12,79	2,46	132,8	33,6	166,4	3,65	1,42	0,30	2,32	4,05	0,58	4,63	1,68		
		75	0,47	213,6	116,2	12,04	2,52	130,8	31,9	162,7	5,25	1,32	0,22	2,35	3,90	0,37	4,26	1,84		
		85	0,50	208,0	115,0	11,42	2,56	129,0	30,6	159,6	7,22	1,24	0,16	2,38	3,79	0,25	4,03	1,99		
		95	0,54	203,2	114,0	10,90	2,60	127,5	29,4	156,9	9,58	1,17	0,13	2,40	3,70	0,17	3,88	2,13		
		35	5,69	45,46	21,11	11,32	4,78	37,21	10,9	48,15	3,57	4,62	6,11	4,97	15,7	6,82	22,52	0,68		
		45	6,59	43,11	20,67	10,18	4,89	35,74	10,0	45,77	6,78	4,06	3,45	5,01	12,5	3,05	15,57	0,79		
		55	7,41	41,32	20,34	9,36	4,97	34,66	9,3	44,01	11,29	3,66	2,19	5,04	10,9	1,61	12,49	0,90		

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га					
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu		
40		35	1,08	210,0	93,47	15,34	3,48	112,3	30,9	143,2	0,38	4,31	3,07	3,51	10,9	15,67	26,56	0,64		
		45	1,25	199,1	91,56	13,80	3,59	108,9	28,3	137,2	0,71	3,78	1,73	3,57	9,09	7,02	16,10	0,75		
		55	1,40	190,9	90,06	12,68	3,68	106,4	26,4	132,8	1,19	3,41	1,10	3,62	8,13	3,69	11,82	0,85		
		65	1,55	184,3	88,83	11,82	3,76	104,4	24,8	129,2	1,82	3,13	0,75	3,66	7,54	2,16	9,70	0,94		
		75	1,68	178,8	87,79	11,13	3,82	102,7	23,6	126,4	2,61	2,91	0,54	3,69	7,14	1,37	8,51	1,03		
		85	1,81	174,1	86,89	10,55	3,88	101,3	22,6	123,9	3,60	2,72	0,41	3,72	6,85	0,92	7,77	1,12		
		95	1,93	170,1	86,10	10,07	3,93	100,1	21,7	121,8	4,77	2,57	0,32	3,75	6,64	0,64	7,28	1,20		
		35	0,71	272,4	121,7	16,39	3,17	141,3	36,9	178,1	0,33	3,85	2,44	3,18	3,18	9,47	13,72	23,19	0,71	
		45	0,82	258,3	119,2	14,74	3,28	137,2	33,8	171,0	0,63	3,38	1,38	3,24	3,24	8,00	6,14	14,15	0,84	
		55	0,92	247,6	117,3	13,54	3,37	134,2	31,5	165,6	1,05	3,05	0,87	3,29	3,29	7,21	3,23	10,45	0,95	
60	3	65	1,02	239,0	115,7	12,62	3,45	131,7	29,7	161,4	1,60	2,80	0,60	3,33	6,73	1,90	8,62	1,05		
		75	1,10	231,9	114,3	11,88	3,51	129,7	28,2	157,9	2,30	2,60	0,43	3,37	6,40	1,20	7,60	1,15		
		85	1,19	225,9	113,1	11,27	3,57	128,0	27,0	155,0	3,17	2,43	0,32	3,40	6,16	0,80	6,96	1,25		
		95	1,27	220,6	112,1	10,76	3,62	126,5	26,0	152,5	4,21	2,30	0,25	3,42	5,97	0,56	6,54	1,34		
		35	0,53	311,3	140,0	17,07	2,98	160,1	40,4	200,5	0,35	3,47	2,06	2,97	8,49	11,27	19,76	0,80		
		45	0,62	295,2	137,2	15,35	3,09	155,6	37,0	192,6	0,66	3,05	1,16	3,03	7,24	5,04	12,28	0,93		
		55	0,70	282,9	134,9	14,10	3,18	152,2	34,5	186,7	1,11	2,75	0,74	3,08	6,56	2,66	9,22	1,06		
		65	0,77	273,1	133,1	13,15	3,25	149,5	32,5	182,0	1,69	2,52	0,50	3,12	6,15	1,56	7,70	1,18		
		75	0,83	265,0	131,5	12,38	3,32	147,2	30,9	178,1	2,44	2,34	0,36	3,16	5,86	0,98	6,85	1,29		
		85	0,90	258,1	130,2	11,74	3,37	145,3	29,6	174,9	3,35	2,19	0,27	3,19	5,66	0,66	6,32	1,40		
95	0,96	252,1	129,0	11,20	3,42	143,6	28,4	172,1	4,45	2,07	0,21	3,22	5,50	0,46	5,96	1,50				

A, лет	Zon	IC	N	Запас M, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
100		35	0,43	335,2	152,0	17,55	2,84	172,4	42,5	214,9	0,40	3,15	1,80	2,82	7,77	9,11	16,88	0,89						
		45	0,50	317,9	148,9	15,78	2,95	167,6	38,9	206,5	0,75	2,77	1,01	2,88	6,66	4,08	10,74	1,04						
		55	0,56	304,7	146,5	14,50	3,04	164,0	36,3	200,3	1,26	2,50	0,64	2,93	6,07	2,15	8,22	1,18						
		65	0,62	294,1	144,5	13,52	3,11	161,1	34,2	195,3	1,92	2,29	0,44	2,97	5,70	1,26	6,96	1,31						
		75	0,68	285,4	142,8	12,72	3,18	158,7	32,5	191,2	2,77	2,13	0,32	3,01	5,45	0,80	6,25	1,44						
		85	0,73	277,9	141,3	12,07	3,23	156,6	31,1	187,7	3,81	1,99	0,24	3,04	5,27	0,53	5,81	1,55						
		95	0,78	271,5	140,0	11,52	3,28	154,8	29,9	184,8	5,05	1,88	0,19	3,07	5,13	0,37	5,51	1,67						
		35	0,37	349,4	159,7	17,91	2,74	180,4	43,7	224,1	0,47	2,89	1,60	2,70	7,19	7,38	14,57	0,98						
		45	0,43	331,3	156,5	16,11	2,85	175,4	40,0	215,5	0,88	2,54	0,90	2,77	6,21	3,30	9,51	1,15						
		55	0,48	317,6	153,9	14,80	2,93	171,6	37,3	209,0	1,47	2,29	0,57	2,82	5,68	1,74	7,42	1,30						
120	3	65	0,53	306,5	151,8	13,79	3,01	168,6	35,2	203,8	2,25	2,10	0,39	2,86	5,35	1,02	6,37	1,45						
		75	0,58	297,4	150,0	12,99	3,07	166,1	33,5	199,5	3,24	1,95	0,28	2,90	5,13	0,64	5,77	1,59						
		85	0,62	289,7	148,5	12,32	3,13	163,9	32,0	196,0	4,46	1,83	0,21	2,93	4,97	0,43	5,40	1,72						
		95	0,66	282,9	147,1	11,76	3,18	162,1	30,8	192,9	5,92	1,72	0,17	2,95	4,84	0,30	5,15	1,84						
		35	0,32	357,0	164,6	18,19	2,66	185,4	44,4	229,8	0,55	2,67	1,45	2,61	6,73	6,01	12,74	1,08						
		45	0,37	338,6	161,2	16,36	2,76	180,3	40,7	221,0	1,05	2,34	0,82	2,68	5,84	2,69	8,53	1,26						
		55	0,42	324,5	158,5	15,03	2,85	176,4	37,9	214,3	1,75	2,11	0,52	2,73	5,36	1,42	6,77	1,43						
		65	0,46	313,3	156,4	14,01	2,92	173,3	35,7	209,0	2,68	1,94	0,35	2,77	5,06	0,83	5,89	1,59						
		75	0,50	303,9	154,6	13,19	2,99	170,7	34,0	204,7	3,85	1,80	0,26	2,81	4,86	0,52	5,39	1,74						
		85	0,54	296,0	153,0	12,51	3,04	168,5	32,5	201,0	5,30	1,68	0,19	2,84	4,72	0,35	5,07	1,88						
140		95	0,58	289,1	151,6	11,94	3,09	166,6	31,3	197,9	7,03	1,59	0,15	2,86	4,61	0,25	4,85	2,02						

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
160		35	0,29	360,2	167,3	18,42	2,59	188,3	44,7	233,0	0,66	2,47	1,33	2,54	6,34	4,93	11,27	1,18						
		45	0,33	341,6	163,9	16,56	2,70	183,2	40,9	224,1	1,25	2,17	0,75	2,60	5,53	2,21	7,73	1,38						
		55	0,38	327,4	161,2	15,22	2,78	179,2	38,1	217,3	2,09	1,96	0,48	2,65	5,09	1,16	6,25	1,56						
		65	0,41	316,1	159,0	14,19	2,85	176,0	36,0	212,0	3,19	1,80	0,33	2,70	4,82	0,68	5,50	1,74						
		75	0,45	306,6	157,1	13,35	2,92	173,4	34,2	207,6	4,60	1,67	0,23	2,73	4,64	0,43	5,07	1,90						
		85	0,48	298,6	155,5	12,67	2,97	171,2	32,7	203,9	6,32	1,56	0,18	2,76	4,50	0,29	4,79	2,06						
		95	0,52	291,7	154,1	12,09	3,02	169,2	31,5	200,7	8,39	1,48	0,14	2,79	4,40	0,20	4,61	2,21						
		35	0,26	360,3	168,6	18,60	2,53	189,7	44,7	234,5	0,79	2,31	1,23	2,48	6,02	4,07	10,09	1,28						
		45	0,30	341,6	165,2	16,73	2,64	184,5	40,9	225,5	1,50	2,03	0,70	2,54	5,26	1,82	7,09	1,50						
		55	0,34	327,5	162,5	15,37	2,72	180,6	38,2	218,7	2,49	1,83	0,44	2,59	4,86	0,96	5,82	1,70						
180		65	0,38	316,1	160,2	14,33	2,80	177,4	36,0	213,3	3,81	1,68	0,30	2,63	4,61	0,56	5,17	1,89						
		75	0,41	306,7	158,4	13,49	2,86	174,7	34,2	208,9	5,49	1,56	0,22	2,67	4,44	0,36	4,80	2,06						
		85	0,44	298,7	156,7	12,79	2,91	172,4	32,7	205,2	7,55	1,46	0,16	2,70	4,32	0,24	4,56	2,23						
		95	0,47	291,8	155,3	12,21	2,96	170,5	31,5	202,0	10,02	1,38	0,13	2,73	4,23	0,17	4,40	2,40						
		35	0,24	358,1	168,8	18,75	2,49	190,1	44,6	234,6	0,94	2,16	1,15	2,43	5,74	3,40	9,13	1,38						
		45	0,28	339,6	165,4	16,87	2,59	184,8	40,8	225,6	1,78	1,90	0,65	2,49	5,04	1,52	6,56	1,62						
		55	0,31	325,5	162,7	15,50	2,68	180,9	38,0	218,9	2,97	1,71	0,41	2,54	4,66	0,80	5,46	1,83						
		65	0,35	314,3	160,5	14,44	2,75	177,6	35,9	213,5	4,55	1,57	0,28	2,58	4,43	0,47	4,90	2,04						
		75	0,38	304,9	158,6	13,60	2,81	175,0	34,1	209,1	6,55	1,46	0,20	2,62	4,28	0,30	4,57	2,23						
		85	0,40	296,9	157,0	12,90	2,86	172,7	32,6	205,3	9,01	1,37	0,15	2,65	4,17	0,20	4,37	2,41						
200		95	0,43	290,1	155,5	12,31	2,91	170,7	31,4	202,1	11,96	1,29	0,12	2,68	4,08	0,14	4,22	2,59						

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га													Годичная первичная продукция, т/га					
					P <sub>s</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>	P <sub>r</sub>	P <sub>t</sub>	P <sub>u</sub>	Z <sub>s</sub>	Z <sub>b</sub>	Z <sub>f</sub>	Z <sub>a</sub>	Z <sub>r</sub>	Z <sub>t</sub>	Z <sub>u</sub>					
10		35	4,88	52,13	22,89	10,28	4,60	37,77	10,0	47,80	4,07	3,70	4,27	4,75	12,7	5,61	18,34	0,77					
		45	5,65	49,43	22,42	9,25	4,71	36,38	9,2	45,56	7,72	3,25	2,41	4,79	10,5	2,51	12,97	0,90					
		55	6,35	47,38	22,06	8,50	4,79	35,35	8,6	43,90	12,87	2,93	1,53	4,83	9,29	1,32	10,61	1,03					
		65	7,00	45,74	21,75	7,92	4,86	34,54	8,1	42,60	19,69	2,69	1,05	4,85	8,59	0,77	9,36	1,14					
		75	7,61	44,38	21,50	7,46	4,92	33,88	7,7	41,55	28,35	2,50	0,75	4,87	8,13	0,49	8,62	1,25					
		85	8,18	43,22	21,28	7,07	4,97	33,33	7,3	40,67	38,98	2,34	0,57	4,89	7,80	0,33	8,13	1,35					
		95	8,73	42,22	21,09	6,75	5,02	32,85	7,1	39,91	51,74	2,21	0,44	4,90	7,56	0,23	7,79	1,45					
		35	2,03	126,8	53,95	12,15	3,90	70,01	18,3	88,31	0,93	3,80	3,08	3,08	3,98	10,9	10,91	21,76	0,69				
		45	2,35	120,2	52,85	10,93	4,02	67,79	16,8	84,55	1,76	3,33	1,74	4,03	9,11	4,88	13,99	0,81					
		55	2,65	115,3	51,98	10,04	4,11	66,13	15,6	81,75	2,93	3,01	1,10	4,08	8,18	2,57	10,75	0,92					
20	4	65	2,92	111,3	51,27	9,36	4,18	64,81	14,7	79,54	4,49	2,76	0,75	4,11	7,62	1,51	9,13	1,02					
		75	3,17	107,9	50,67	8,81	4,24	63,73	14,0	77,73	6,46	2,56	0,54	4,14	7,24	0,95	8,20	1,12					
		85	3,41	105,1	50,15	8,36	4,30	62,81	13,4	76,21	8,89	2,40	0,41	4,16	6,97	0,64	7,61	1,21					
		95	3,64	102,7	49,70	7,98	4,35	62,02	12,9	74,91	11,80	2,27	0,32	4,19	6,77	0,45	7,22	1,30					
		35	0,92	240,8	101,4	13,93	3,31	118,6	28,3	146,9	0,43	3,45	2,15	3,32	8,92	12,89	21,81	0,73					
		45	1,07	228,3	99,30	12,53	3,42	115,3	25,9	141,2	0,81	3,03	1,21	3,39	7,63	5,77	13,40	0,86					
		55	1,20	218,9	97,68	11,51	3,51	112,7	24,1	136,8	1,35	2,73	0,77	3,43	6,93	3,04	9,97	0,97					
		65	1,33	211,3	96,35	10,73	3,59	110,7	22,8	133,4	2,07	2,51	0,52	3,47	6,50	1,78	8,29	1,08					
		75	1,44	205,0	95,22	10,10	3,65	109,0	21,6	130,6	2,98	2,33	0,38	3,51	6,21	1,13	7,34	1,18					
		85	1,55	199,6	94,24	9,58	3,71	107,5	20,7	128,2	4,10	2,18	0,28	3,54	6,00	0,76	6,76	1,28					
95	1,65	195,0	93,38	9,14	3,76	106,3	19,9	126,2	5,44	2,06	0,22	3,56	5,84	0,53	6,37	1,37							
40		35	0,92	240,8	101,4	13,93	3,31	118,6	28,3	146,9	0,43	3,45	2,15	3,32	8,92	12,89	21,81	0,73					
		45	1,07	228,3	99,30	12,53	3,42	115,3	25,9	141,2	0,81	3,03	1,21	3,39	7,63	5,77	13,40	0,86					
		55	1,20	218,9	97,68	11,51	3,51	112,7	24,1	136,8	1,35	2,73	0,77	3,43	6,93	3,04	9,97	0,97					
		65	1,33	211,3	96,35	10,73	3,59	110,7	22,8	133,4	2,07	2,51	0,52	3,47	6,50	1,78	8,29	1,08					
		75	1,44	205,0	95,22	10,10	3,65	109,0	21,6	130,6	2,98	2,33	0,38	3,51	6,21	1,13	7,34	1,18					
		85	1,55	199,6	94,24	9,58	3,71	107,5	20,7	128,2	4,10	2,18	0,28	3,54	6,00	0,76	6,76	1,28					
		95	1,65	195,0	93,38	9,14	3,76	106,3	19,9	126,2	5,44	2,06	0,22	3,56	5,84	0,53	6,37	1,37					

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га													Годичная первичная продукция, т/га				
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu				
60		35	0,61	312,4	132,0	14,88	3,01	149,9	33,8	183,7	0,38	3,08	1,71	3,00	7,79	11,29	19,09	0,81				
		45	0,70	296,2	129,3	13,39	3,12	145,8	30,9	176,7	0,72	2,71	0,96	3,06	6,74	5,06	11,79	0,95				
		55	0,79	283,9	127,2	12,30	3,21	142,7	28,8	171,5	1,19	2,44	0,61	3,11	6,17	2,66	8,83	1,08				
		65	0,87	274,1	125,5	11,46	3,28	140,2	27,2	167,4	1,82	2,24	0,42	3,15	5,81	1,56	7,37	1,20				
		75	0,95	265,9	124,0	10,79	3,35	138,1	25,8	164,0	2,63	2,08	0,30	3,19	5,57	0,99	6,56	1,32				
		85	1,02	259,0	122,7	10,24	3,40	136,4	24,7	161,1	3,61	1,95	0,23	3,22	5,40	0,66	6,06	1,42				
		95	1,09	253,0	121,6	9,77	3,45	134,8	23,8	158,6	4,79	1,84	0,18	3,24	5,26	0,46	5,72	1,53				
		35	0,46	356,9	151,9	15,50	2,83	170,2	37,0	207,2	0,40	2,78	1,44	2,80	7,01	9,27	16,29	0,91				
		45	0,53	338,5	148,8	13,94	2,93	165,7	33,9	199,5	0,76	2,44	0,81	2,86	6,11	4,15	10,26	1,07				
		55	0,60	324,4	146,4	12,81	3,02	162,2	31,6	193,7	1,26	2,20	0,51	2,91	5,62	2,19	7,81	1,21				
80	4	65	0,66	313,2	144,4	11,94	3,09	159,4	29,8	189,1	1,93	2,02	0,35	2,95	5,32	1,28	6,60	1,35				
		75	0,71	303,9	142,7	11,24	3,16	157,1	28,3	185,4	2,78	1,87	0,25	2,99	5,11	0,81	5,92	1,47				
		85	0,77	295,9	141,2	10,66	3,21	155,1	27,1	182,2	3,82	1,76	0,19	3,02	4,96	0,54	5,51	1,59				
		95	0,82	289,1	139,9	10,17	3,26	153,4	26,0	179,4	5,07	1,66	0,15	3,04	4,85	0,38	5,23	1,71				
		35	0,37	384,3	164,9	15,93	2,69	183,5	38,9	222,4	0,45	2,52	1,26	2,65	6,43	7,50	13,93	1,01				
		45	0,43	364,5	161,5	14,33	2,80	178,6	35,6	214,3	0,86	2,22	0,71	2,72	5,64	3,36	9,00	1,19				
		55	0,48	349,3	158,9	13,17	2,88	174,9	33,2	208,1	1,43	2,00	0,45	2,77	5,21	1,77	6,98	1,35				
		65	0,53	337,2	156,7	12,27	2,96	171,9	31,3	203,2	2,19	1,83	0,31	2,81	4,95	1,04	5,98	1,50				
		75	0,58	327,2	154,9	11,56	3,02	169,4	29,8	199,2	3,16	1,70	0,22	2,84	4,77	0,66	5,42	1,64				
		85	0,62	318,7	153,3	10,96	3,07	167,3	28,5	195,8	4,34	1,60	0,17	2,87	4,64	0,44	5,07	1,77				
100		95	0,67	311,3	151,9	10,46	3,12	165,5	27,4	192,9	5,76	1,51	0,13	2,90	4,54	0,31	4,84	1,90				

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га													Годичная первичная продукция, т/га						
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
120		35	0,32	400,6	173,3	16,26	2,59	192,1	40,1	232,2	0,53	2,31	1,12	2,54	5,98	6,07	12,05	1,12						
		45	0,37	379,9	169,7	14,63	2,70	187,0	36,7	223,7	1,01	2,03	0,63	2,61	5,27	2,72	7,99	1,31						
		55	0,41	364,1	166,9	13,44	2,78	183,2	34,2	217,3	1,68	1,83	0,40	2,66	4,89	1,43	6,32	1,49						
		65	0,45	351,5	164,7	12,53	2,85	180,0	32,2	212,3	2,57	1,68	0,27	2,70	4,65	0,84	5,49	1,65						
		75	0,49	341,0	162,7	11,79	2,91	177,4	30,6	208,1	3,70	1,56	0,20	2,73	4,49	0,53	5,02	1,81						
		85	0,53	332,1	161,1	11,19	2,97	175,2	29,3	204,5	5,08	1,46	0,15	2,76	4,37	0,36	4,73	1,96						
		95	0,57	324,4	159,6	10,67	3,02	173,3	28,2	201,5	6,75	1,38	0,12	2,79	4,29	0,25	4,54	2,10						
		35	0,28	409,4	178,5	16,52	2,51	197,5	40,7	238,2	0,63	2,13	1,01	2,46	5,61	4,94	10,55	1,23						
		45	0,32	388,2	174,8	14,86	2,62	192,3	37,2	229,5	1,20	1,87	0,57	2,52	4,97	2,21	7,18	1,44						
		55	0,36	372,1	172,0	13,65	2,70	188,3	34,7	223,0	1,99	1,69	0,36	2,57	4,62	1,16	5,79	1,63						
140	4	65	0,40	359,2	169,6	12,72	2,77	185,1	32,7	217,8	3,05	1,55	0,25	2,61	4,41	0,68	5,09	1,82						
		75	0,43	348,5	167,6	11,98	2,83	182,4	31,1	213,6	4,39	1,44	0,18	2,65	4,26	0,43	4,70	1,99						
		85	0,46	339,4	165,9	11,36	2,88	180,2	29,8	209,9	6,04	1,35	0,13	2,68	4,16	0,29	4,45	2,15						
		95	0,50	331,5	164,4	10,84	2,93	178,2	28,6	206,8	8,01	1,27	0,10	2,70	4,08	0,20	4,28	2,31						
		35	0,25	413,0	181,5	16,72	2,45	200,6	40,9	241,6	0,75	1,98	0,93	2,39	5,30	4,05	9,35	1,34						
		45	0,29	391,7	177,8	15,04	2,55	195,4	37,5	232,8	1,43	1,74	0,53	2,45	4,71	1,82	6,53	1,57						
		55	0,32	375,4	174,8	13,82	2,63	191,3	34,9	226,2	2,38	1,57	0,33	2,50	4,40	0,96	5,36	1,78						
		65	0,35	362,4	172,5	12,88	2,70	188,0	32,9	221,0	3,64	1,44	0,23	2,54	4,21	0,56	4,77	1,98						
		75	0,39	351,6	170,4	12,13	2,76	185,3	31,3	216,7	5,24	1,34	0,16	2,57	4,07	0,35	4,43	2,17						
		85	0,41	342,4	168,7	11,50	2,82	183,0	30,0	213,0	7,20	1,25	0,12	2,60	3,98	0,24	4,22	2,35						
95	0,44	334,5	167,2	10,98	2,86	181,0	28,8	209,8	9,56	1,18	0,10	2,63	3,91	0,17	4,08	2,52								
160		35	0,32	400,6	173,3	16,26	2,59	192,1	40,1	232,2	0,53	2,31	1,12	2,54	5,98	6,07	12,05	1,12						
		45	0,37	379,9	169,7	14,63	2,70	187,0	36,7	223,7	1,01	2,03	0,63	2,61	5,27	2,72	7,99	1,31						
		55	0,41	364,1	166,9	13,44	2,78	183,2	34,2	217,3	1,68	1,83	0,40	2,66	4,89	1,43	6,32	1,49						
		65	0,45	351,5	164,7	12,53	2,85	180,0	32,2	212,3	2,57	1,68	0,27	2,70	4,65	0,84	5,49	1,65						
		75	0,49	341,0	162,7	11,79	2,91	177,4	30,6	208,1	3,70	1,56	0,20	2,73	4,49	0,53	5,02	1,81						
		85	0,53	332,1	161,1	11,19	2,97	175,2	29,3	204,5	5,08	1,46	0,15	2,76	4,37	0,36	4,73	1,96						
		95	0,57	324,4	159,6	10,67	3,02	173,3	28,2	201,5	6,75	1,38	0,12	2,79	4,29	0,25	4,54	2,10						
		35	0,28	409,4	178,5	16,52	2,51	197,5	40,7	238,2	0,63	2,13	1,01	2,46	5,61	4,94	10,55	1,23						
		45	0,32	388,2	174,8	14,86	2,62	192,3	37,2	229,5	1,20	1,87	0,57	2,52	4,97	2,21	7,18	1,44						
		55	0,36	372,1	172,0	13,65	2,70	188,3	34,7	223,0	1,99	1,69	0,36	2,57	4,62	1,16	5,79	1,63						
160		65	0,40	359,2	169,6	12,72	2,77	185,1	32,7	217,8	3,05	1,55	0,25	2,61	4,41	0,68	5,09	1,82						
		75	0,43	348,5	167,6	11,98	2,83	182,4	31,1	213,6	4,39	1,44	0,18	2,65	4,26	0,43	4,70	1,99						
		85	0,46	339,4	165,9	11,36	2,88	180,2	29,8	209,9	6,04	1,35	0,13	2,68	4,16	0,29	4,45	2,15						
		95	0,50	331,5	164,4	10,84	2,93	178,2	28,6	206,8	8,01	1,27	0,10	2,70	4,08	0,20	4,28	2,31						
		35	0,25	413,0	181,5	16,72	2,45	200,6	40,9	241,6	0,75	1,98	0,93	2,39	5,30	4,05	9,35	1,34						
		45	0,29	391,7	177,8	15,04	2,55	195,4	37,5	232,8	1,43	1,74	0,53	2,45	4,71	1,82	6,53	1,57						
		55	0,32	375,4	174,8	13,82	2,63	191,3	34,9	226,2	2,38	1,57	0,33	2,50	4,40	0,96	5,36	1,78						
		65	0,35	362,4	172,5	12,88	2,70	188,0	32,9	221,0	3,64	1,44	0,23	2,54	4,21	0,56	4,77	1,98						
		75	0,39	351,6	170,4	12,13	2,76	185,3	31,3	216,7	5,24	1,34	0,16	2,57	4,07	0,35	4,43	2,17						
		85	0,41	342,4	168,7	11,50	2,82	183,0	30,0	213,0	7,20	1,25	0,12	2,60	3,98	0,24	4,22	2,35						
95	0,44	334,5	167,2	10,98	2,86	181,0	28,8	209,8	9,56	1,18	0,10	2,63	3,91	0,17	4,08	2,52								

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас M, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
180		35	0,22	413,1	182,9	16,89	2,39	202,2	41,0	243,1	0,90	1,85	0,86	2,33	5,04	3,35	8,39	1,46						
		45	0,26	391,7	179,1	15,19	2,49	196,8	37,5	234,3	1,71	1,62	0,49	2,39	4,50	1,50	6,00	1,71						
		55	0,29	375,5	176,2	13,96	2,58	192,7	34,9	227,7	2,84	1,46	0,31	2,44	4,21	0,79	5,00	1,94						
		65	0,32	362,5	173,8	13,01	2,65	189,5	33,0	222,4	4,35	1,34	0,21	2,48	4,03	0,46	4,50	2,15						
		75	0,35	351,7	171,8	12,25	2,71	186,7	31,3	218,1	6,26	1,25	0,15	2,51	3,91	0,29	4,21	2,35						
		85	0,38	342,5	170,0	11,62	2,76	184,4	30,0	214,4	8,61	1,17	0,11	2,54	3,83	0,20	4,02	2,55						
		95	0,40	334,6	168,5	11,09	2,81	182,3	28,8	211,2	11,42	1,10	0,09	2,57	3,76	0,14	3,90	2,73						
		35	0,21	410,6	183,1	17,03	2,35	202,5	40,8	243,3	1,07	1,73	0,80	2,28	4,81	2,79	7,61	1,57						
		45	0,24	389,4	179,4	15,32	2,45	197,1	37,4	234,5	2,03	1,52	0,45	2,34	4,31	1,25	5,56	1,84						
		55	0,27	373,3	176,4	14,07	2,53	193,0	34,8	227,9	3,39	1,37	0,29	2,39	4,05	0,66	4,70	2,09						
200		65	0,30	360,3	174,0	13,12	2,60	189,7	32,8	222,6	5,19	1,26	0,20	2,43	3,88	0,39	4,27	2,33						
		75	0,32	349,6	172,0	12,35	2,66	187,0	31,2	218,2	7,46	1,17	0,14	2,46	3,77	0,24	4,02	2,54						
		85	0,35	340,5	170,2	11,71	2,71	184,7	29,9	214,5	10,27	1,10	0,11	2,49	3,69	0,16	3,86	2,75						
		95	0,37	332,6	168,7	11,18	2,76	182,6	28,7	211,4	13,63	1,03	0,08	2,52	3,64	0,11	3,75	2,95						
		35	4,33	54,25	22,51	8,59	4,14	35,25	8,7	43,92	4,44	2,64	2,72	4,24	9,61	4,70	14,31	0,85						
		45	5,01	51,45	22,05	7,73	4,24	34,02	7,9	41,96	8,42	2,32	1,54	4,29	8,14	2,11	10,25	1,00						
		55	5,63	49,32	21,69	7,10	4,32	33,11	7,4	40,51	14,04	2,09	0,97	4,32	7,38	1,11	8,49	1,13						
		65	6,21	47,61	21,40	6,62	4,38	32,40	7,0	39,38	21,47	1,92	0,67	4,34	6,93	0,65	7,57	1,26						
		75	6,75	46,19	21,15	6,23	4,44	31,82	6,6	38,45	30,91	1,78	0,48	4,36	6,62	0,41	7,03	1,38						
		85	7,26	44,98	20,93	5,91	4,49	31,33	6,3	37,68	42,50	1,67	0,36	4,38	6,41	0,28	6,69	1,49						
95	7,75	43,94	20,74	5,64	4,53	30,91	6,1	37,01	56,41	1,58	0,28	4,39	6,25	0,19	6,44	1,60								

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					P <sub>s</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>	P <sub>r</sub>	P <sub>t</sub>	P <sub>u</sub>	Z <sub>s</sub>	Z <sub>b</sub>	Z <sub>f</sub>	Z <sub>a</sub>	Z <sub>r</sub>	Z <sub>t</sub>	Z <sub>u</sub>						
20		35	1,80	132,0	53,06	10,16	3,50	66,71	15,8	82,55	1,01	2,71	1,96	3,54	8,21	9,15	17,36	0,76						
		45	2,09	125,2	51,97	9,14	3,60	64,71	14,5	79,21	1,92	2,38	1,11	3,59	7,08	4,09	11,17	0,89						
		55	2,35	120,0	51,12	8,39	3,68	63,20	13,5	76,71	3,20	2,14	0,70	3,63	6,48	2,16	8,63	1,01						
		65	2,59	115,8	50,43	7,82	3,75	62,00	12,7	74,74	4,90	1,97	0,48	3,66	6,11	1,26	7,37	1,13						
		75	2,81	112,4	49,84	7,37	3,81	61,01	12,1	73,13	7,05	1,83	0,35	3,69	5,86	0,80	6,66	1,23						
		85	3,03	109,4	49,33	6,99	3,86	60,17	11,6	71,77	9,69	1,71	0,26	3,71	5,69	0,54	6,22	1,33						
		95	3,23	106,9	48,88	6,67	3,91	59,45	11,1	70,60	12,86	1,62	0,20	3,73	5,55	0,38	5,93	1,43						
		35	0,82	250,6	99,71	11,65	2,95	114,3	24,5	138,8	0,47	2,46	1,37	2,95	6,77	10,81	17,59	0,81						
		45	0,95	237,6	97,67	10,47	3,06	111,2	22,4	133,6	0,89	2,16	0,77	3,00	5,94	4,84	10,78	0,94						
		55	1,07	227,8	96,07	9,62	3,14	108,8	20,9	129,7	1,48	1,95	0,49	3,05	5,49	2,55	8,03	1,07						
40	5	65	1,18	219,9	94,76	8,97	3,21	106,9	19,7	126,6	2,26	1,79	0,33	3,09	5,21	1,49	6,70	1,19						
		75	1,28	213,3	93,65	8,44	3,26	105,4	18,7	124,1	3,25	1,66	0,24	3,12	5,02	0,95	5,96	1,30						
		85	1,38	207,8	92,69	8,01	3,32	104,0	17,9	121,9	4,47	1,56	0,18	3,14	4,88	0,63	5,51	1,41						
		95	1,47	203,0	91,85	7,64	3,36	102,9	17,2	120,1	5,93	1,47	0,14	3,17	4,77	0,44	5,22	1,51						
		35	0,54	325,1	129,8	12,44	2,68	145,0	29,2	174,2	0,41	2,20	1,09	2,66	5,94	9,47	15,41	0,90						
		45	0,62	308,3	127,2	11,19	2,78	141,2	26,7	167,9	0,78	1,93	0,61	2,71	5,26	4,24	9,50	1,05						
		55	0,70	295,5	125,1	10,28	2,86	138,2	24,9	163,2	1,30	1,74	0,39	2,76	4,89	2,23	7,12	1,19						
		65	0,77	285,3	123,4	9,58	2,93	135,9	23,5	159,4	1,99	1,60	0,27	2,80	4,66	1,31	5,97	1,33						
		75	0,84	276,8	121,9	9,02	2,99	134,0	22,3	156,3	2,86	1,48	0,19	2,83	4,50	0,83	5,33	1,45						
		85	0,90	269,6	120,7	8,56	3,04	132,3	21,4	153,7	3,94	1,39	0,14	2,86	4,39	0,55	4,94	1,57						
60		95	0,96	263,3	119,6	8,17	3,08	130,8	20,6	151,4	5,23	1,31	0,11	2,88	4,30	0,39	4,69	1,69						

Продолжение приложения 2

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
80		35	0,41	371,5	149,4	12,95	2,51	164,9	32,0	196,9	0,44	1,98	0,92	2,47	5,37	7,78	13,15	1,01						
		45	0,47	352,3	146,3	11,65	2,61	160,6	29,3	189,9	0,83	1,74	0,52	2,53	4,79	3,48	8,27	1,18						
		55	0,53	337,7	143,9	10,71	2,69	157,3	27,3	184,6	1,38	1,57	0,33	2,58	4,47	1,83	6,30	1,34						
		65	0,58	326,0	142,0	9,98	2,76	154,7	25,7	180,5	2,10	1,44	0,22	2,61	4,28	1,07	5,35	1,48						
		75	0,63	316,3	140,3	9,39	2,81	152,5	24,5	177,0	3,03	1,34	0,16	2,65	4,14	0,68	4,82	1,63						
		85	0,68	308,0	138,9	8,91	2,86	150,7	23,4	174,1	4,17	1,25	0,12	2,67	4,05	0,46	4,50	1,76						
		95	0,73	300,9	137,6	8,50	2,91	149,0	22,5	171,6	5,53	1,18	0,09	2,70	3,97	0,32	4,29	1,89						
		35	0,33	400,0	162,2	13,32	2,39	177,9	33,7	211,5	0,49	1,80	0,80	2,34	4,94	6,29	11,23	1,12						
		45	0,38	379,3	158,8	11,98	2,49	173,3	30,8	204,1	0,94	1,58	0,45	2,40	4,43	2,82	7,25	1,31						
		55	0,43	363,6	156,2	11,01	2,57	169,8	28,7	198,5	1,56	1,42	0,29	2,45	4,16	1,48	5,64	1,49						
100	5	65	0,47	351,0	154,1	10,26	2,63	167,0	27,1	194,1	2,39	1,31	0,20	2,48	3,99	0,87	4,86	1,65						
		75	0,51	340,6	152,3	9,66	2,69	164,7	25,8	190,4	3,44	1,21	0,14	2,52	3,87	0,55	4,42	1,81						
		85	0,55	331,7	150,7	9,16	2,74	162,6	24,6	187,3	4,73	1,14	0,11	2,54	3,79	0,37	4,16	1,96						
		95	0,59	324,0	149,4	8,74	2,78	160,9	23,7	184,6	6,28	1,07	0,08	2,57	3,72	0,26	3,98	2,10						
		35	0,28	416,9	170,4	13,59	2,30	186,3	34,6	220,9	0,58	1,65	0,71	2,25	4,61	5,09	9,70	1,24						
		45	0,32	395,4	166,9	12,23	2,40	181,5	31,7	213,3	1,10	1,45	0,40	2,30	4,15	2,28	6,43	1,45						
		55	0,36	379,0	164,2	11,24	2,47	177,9	29,6	207,4	1,83	1,31	0,26	2,35	3,91	1,20	5,11	1,64						
		65	0,40	365,8	161,9	10,47	2,54	174,9	27,9	202,8	2,80	1,20	0,17	2,38	3,76	0,70	4,46	1,83						
		75	0,44	355,0	160,0	9,86	2,59	172,5	26,5	199,0	4,03	1,11	0,13	2,42	3,65	0,45	4,10	2,00						
		85	0,47	345,7	158,4	9,35	2,64	170,4	25,4	195,8	5,54	1,04	0,09	2,44	3,58	0,30	3,88	2,16						
95	0,50	337,7	157,0	8,92	2,69	168,6	24,4	193,0	7,36	0,98	0,07	2,47	3,53	0,21	3,74	2,32								
120		35	0,41	371,5	149,4	12,95	2,51	164,9	32,0	196,9	0,44	1,98	0,92	2,47	5,37	7,78	13,15	1,01						
		45	0,47	352,3	146,3	11,65	2,61	160,6	29,3	189,9	0,83	1,74	0,52	2,53	4,79	3,48	8,27	1,18						
		55	0,53	337,7	143,9	10,71	2,69	157,3	27,3	184,6	1,38	1,57	0,33	2,58	4,47	1,83	6,30	1,34						
		65	0,58	326,0	142,0	9,98	2,76	154,7	25,7	180,5	2,10	1,44	0,22	2,61	4,28	1,07	5,35	1,48						
		75	0,63	316,3	140,3	9,39	2,81	152,5	24,5	177,0	3,03	1,34	0,16	2,65	4,14	0,68	4,82	1,63						
		85	0,68	308,0	138,9	8,91	2,86	150,7	23,4	174,1	4,17	1,25	0,12	2,67	4,05	0,46	4,50	1,76						
		95	0,73	300,9	137,6	8,50	2,91	149,0	22,5	171,6	5,53	1,18	0,09	2,70	3,97	0,32	4,29	1,89						
		35	0,33	400,0	162,2	13,32	2,39	177,9	33,7	211,5	0,49	1,80	0,80	2,34	4,94	6,29	11,23	1,12						
		45	0,38	379,3	158,8	11,98	2,49	173,3	30,8	204,1	0,94	1,58	0,45	2,40	4,43	2,82	7,25	1,31						
		55	0,43	363,6	156,2	11,01	2,57	169,8	28,7	198,5	1,56	1,42	0,29	2,45	4,16	1,48	5,64	1,49						

А, лет	Zon	IC	N	Запас М, м³/га	Фитомасса, т/га										Годичная первичная продукция, т/га									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
140		35	0,25	426,1	175,5	13,81	2,23	191,6	35,2	226,7	0,69	1,52	0,65	2,17	4,34	4,14	8,48	1,36						
		45	0,28	404,0	171,9	12,42	2,32	186,7	32,2	218,9	1,30	1,34	0,37	2,22	3,93	1,86	5,78	1,59						
		55	0,32	387,3	169,1	11,41	2,40	182,9	30,0	212,9	2,17	1,20	0,23	2,27	3,71	0,98	4,68	1,80						
		65	0,35	373,9	166,8	10,64	2,46	179,9	28,3	208,2	3,33	1,11	0,16	2,31	3,57	0,57	4,14	2,00						
		75	0,38	362,7	164,9	10,01	2,52	177,4	26,9	204,3	4,79	1,03	0,11	2,34	3,48	0,36	3,84	2,19						
		85	0,41	353,3	163,2	9,50	2,57	175,2	25,8	201,0	6,58	0,96	0,09	2,37	3,41	0,24	3,66	2,37						
		95	0,44	345,1	161,7	9,06	2,61	173,4	24,8	198,1	8,74	0,91	0,07	2,39	3,36	0,17	3,53	2,55						
		35	0,22	429,9	178,5	13,98	2,17	194,6	35,4	230,0	0,82	1,41	0,59	2,10	4,11	3,40	7,51	1,48						
		45	0,25	407,6	174,8	12,57	2,26	189,7	32,4	222,1	1,56	1,24	0,33	2,16	3,74	1,52	5,26	1,73						
		55	0,29	390,7	172,0	11,55	2,34	185,9	30,2	216,1	2,59	1,12	0,21	2,20	3,54	0,80	4,34	1,97						
160	5	65	0,31	377,2	169,6	10,77	2,40	182,8	28,5	211,3	3,97	1,03	0,14	2,24	3,41	0,47	3,88	2,19						
		75	0,34	366,0	167,6	10,14	2,46	180,2	27,1	207,3	5,71	0,95	0,10	2,27	3,33	0,30	3,63	2,39						
		85	0,37	356,4	165,9	9,62	2,50	178,0	25,9	204,0	7,86	0,89	0,08	2,30	3,27	0,20	3,47	2,59						
		95	0,39	348,1	164,4	9,18	2,55	176,1	24,9	201,1	10,43	0,84	0,06	2,33	3,23	0,14	3,37	2,78						
		35	0,20	429,9	179,9	14,12	2,12	196,1	35,4	231,5	0,98	1,32	0,55	2,05	3,92	2,81	6,73	1,61						
		45	0,23	407,7	176,2	12,70	2,21	191,1	32,4	223,5	1,86	1,16	0,31	2,11	3,57	1,26	4,83	1,88						
		55	0,26	390,8	173,3	11,67	2,29	187,3	30,2	217,5	3,10	1,04	0,20	2,15	3,39	0,66	4,05	2,14						
		65	0,29	377,3	170,9	10,88	2,35	184,2	28,5	212,7	4,74	0,96	0,13	2,19	3,28	0,39	3,67	2,37						
		75	0,31	366,0	168,9	10,24	2,40	181,6	27,1	208,7	6,82	0,89	0,10	2,22	3,21	0,25	3,45	2,60						
		85	0,33	356,5	167,2	9,71	2,45	179,4	25,9	205,3	9,38	0,83	0,07	2,25	3,15	0,16	3,32	2,81						
180		95	0,36	348,2	165,7	9,27	2,49	177,4	24,9	202,4	12,46	0,79	0,06	2,27	3,11	0,12	3,23	3,02						

Окончание приложения 2

A, лет	Zon	IC	N	Запас M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га								Годичная первичная продукция, т/га							
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu		
200	5	35	0,18	427,4	180,1	14,23	2,08	196,4	35,3	231,7	1,17	1,23	0,51	2,01	3,75	2,34	6,09	1,74		
		45	0,21	405,3	176,4	12,80	2,17	191,4	32,3	223,7	2,22	1,08	0,29	2,06	3,43	1,05	4,48	2,04		
		55	0,24	388,5	173,5	11,76	2,24	187,5	30,1	217,7	3,70	0,98	0,18	2,11	3,27	0,55	3,82	2,31		
		65	0,26	375,0	171,2	10,96	2,31	184,4	28,4	212,8	5,65	0,90	0,13	2,14	3,16	0,32	3,49	2,57		
		75	0,29	363,9	169,2	10,32	2,36	181,8	27,0	208,9	8,14	0,83	0,09	2,17	3,10	0,20	3,30	2,81		
		85	0,31	354,4	167,4	9,79	2,41	179,6	25,8	205,5	11,19	0,78	0,07	2,20	3,05	0,14	3,19	3,04		
		95	0,33	346,2	165,9	9,34	2,45	177,7	24,9	202,6	14,86	0,74	0,05	2,22	3,01	0,10	3,11	3,26		

Приложение 3

Возрастная динамика фитомассы и ЧПП елово-пихтарников по зональным поясам с учетом степени континентальности климата Евразии (обозначения в тексте)

A, лет	N, тыс. дер./га	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						ЧПП, т/га						ISKh
			P <sub>S</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>F</sub>	P <sub>R</sub>	P <sub>U</sub>	Z <sub>S</sub>	Z <sub>B</sub>	Z <sub>F</sub>	Z <sub>R</sub>	Z <sub>U</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Зональный пояс 1															
10	12,16	8,82	4,03	1,73	3,41	3,19	1,68	0,239	3,46	0,703	3,75	0,505	50		
	12,99	6,11	2,59	1,01	1,83	1,84	3,15	0,214	0,854	0,550	1,73	0,716	60		
	13,74	4,47	1,78	0,63	1,08	1,16	5,38	0,195	0,259	0,443	0,899	0,962	70		
	14,42	3,42	1,29	0,41	0,67	0,77	8,55	0,180	0,091	0,366	0,510	1,24	80		
	15,05	2,69	0,97	0,28	0,44	0,54	12,86	0,167	0,036	0,308	0,310	1,56	90		
20	15,64	2,18	0,75	0,20	0,30	0,39	18,52	0,157	0,016	0,262	0,198	1,90	100		
	5,29	41,74	20,50	6,15	7,85	11,67	0,92	0,576	6,48	1,09	6,29	0,287	50		
	5,65	28,89	13,17	3,83	4,45	6,73	1,73	0,516	1,70	0,891	2,91	0,407	60		
	5,98	21,17	9,06	2,53	2,73	4,23	2,96	0,470	0,543	0,744	1,51	0,547	70		
	6,28	16,17	6,55	1,75	1,77	2,83	4,70	0,433	0,200	0,633	0,858	0,706	80		
40	6,55	12,75	4,92	1,26	1,21	1,98	7,06	0,403	0,083	0,546	0,520	0,885	90		
	6,81	10,31	3,81	0,93	0,85	1,44	10,2	0,378	0,037	0,477	0,333	1,08	100		
	2,55	120,7	62,15	12,30	11,63	29,04	0,73	0,850	7,17	1,19	7,77	0,219	50		
	2,72	83,58	39,92	8,01	6,84	16,75	1,37	0,761	1,96	0,999	3,58	0,310	60		
	2,88	61,24	27,46	5,51	4,32	10,52	2,33	0,693	0,649	0,855	1,86	0,417	70		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	3,02	46,77	19,86	3,94	2,88	7,03	3,70	0,639	0,247	0,743	1,06	0,538	80
	3,15	36,88	14,92	2,92	2,01	4,93	5,57	0,595	0,105	0,653	0,642	0,674	90
	3,27	29,82	11,55	2,22	1,45	3,58	8,03	0,558	0,048	0,580	0,411	0,825	100
	1,74	178,9	93,51	15,26	12,69	41,42	0,75	0,851	6,39	1,12	7,61	0,214	50
	1,86	123,8	60,07	10,12	7,55	23,89	1,41	0,761	1,78	0,947	3,51	0,303	60
	1,96	90,72	41,32	7,06	4,83	15,00	2,40	0,693	0,596	0,817	1,83	0,407	70
60	2,06	69,30	29,88	5,12	3,25	10,02	3,81	0,639	0,230	0,716	1,04	0,526	80
	2,15	54,64	22,45	3,83	2,29	7,03	5,73	0,595	0,098	0,634	0,629	0,659	90
	2,24	44,17	17,39	2,94	1,66	5,11	8,26	0,558	0,046	0,567	0,403	0,806	100
	1,35	213,5	112,2	16,65	12,83	49,19	0,82	0,769	5,55	1,02	7,04	0,224	50
	1,45	147,8	72,09	11,13	7,69	28,37	1,55	0,688	1,56	0,87	3,25	0,317	60
	1,53	108,3	49,59	7,81	4,94	17,82	2,64	0,626	0,525	0,756	1,690	0,426	70
80	1,61	82,69	35,86	5,70	3,34	11,91	4,19	0,577	0,203	0,665	0,959	0,550	80
	1,68	65,20	26,94	4,29	2,36	8,34	6,31	0,537	0,087	0,591	0,582	0,689	90
	1,74	52,71	20,86	3,31	1,72	6,07	9,09	0,504	0,041	0,530	0,372	0,843	100
	1,13	230,9	121,6	17,23	12,62	53,70	0,92	0,670	4,82	0,938	6,39	0,240	50
	1,21	159,9	78,09	11,56	7,58	30,97	1,74	0,600	1,36	0,801	2,95	0,340	60
	1,28	117,1	53,71	8,14	4,88	19,45	2,97	0,546	0,459	0,696	1,53	0,457	70
	1,34	89,46	38,84	5,96	3,31	13,00	4,71	0,504	0,178	0,613	0,870	0,590	80
	1,40	70,54	29,18	4,49	2,34	9,11	7,09	0,469	0,077	0,545	0,528	0,739	90
100	1,45	57,03	22,60	3,47	1,71	6,63	10,21	0,440	0,036	0,489	0,338	0,904	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	0,98	237,1	124,7	17,36	12,26	56,01	1,05	0,577	4,22	0,862	5,76	0,260	50
	1,05	164,1	80,10	11,66	7,37	32,31	1,97	0,517	1,19	0,737	2,66	0,368	60
120	1,11	120,26	55,10	8,22	4,76	20,29	3,36	0,470	0,403	0,641	1,38	0,494	70
	1,16	91,86	39,85	6,02	3,23	13,56	5,33	0,434	0,156	0,565	0,785	0,638	80
	1,21	72,43	29,94	4,55	2,28	9,50	8,02	0,404	0,067	0,503	0,476	0,800	90
	1,26	58,56	23,18	3,51	1,67	6,91	11,55	0,379	0,032	0,452	0,305	0,978	100
	0,88	236,1	123,9	17,23	11,83	56,85	1,18	0,495	3,72	0,796	5,19	0,282	50
	0,94	163,4	79,59	11,57	7,12	32,79	2,23	0,443	1,05	0,681	2,40	0,400	60
140	0,99	119,7	54,74	8,16	4,59	20,59	3,80	0,404	0,355	0,592	1,25	0,537	70
	1,04	91,47	39,59	5,98	3,12	13,76	6,03	0,372	0,138	0,522	0,707	0,693	80
	1,08	72,12	29,75	4,51	2,21	9,64	9,07	0,346	0,059	0,465	0,429	0,869	90
	1,13	58,31	23,03	3,49	1,61	7,02	13,07	0,325	0,028	0,417	0,275	1,063	100
	0,80	230,7	120,7	16,94	11,39	56,71	1,34	0,425	3,31	0,739	4,69	0,307	50
	0,85	159,7	77,52	11,37	6,85	32,71	2,51	0,381	0,931	0,631	2,16	0,435	60
160	0,90	116,98	53,32	8,01	4,42	20,54	4,29	0,347	0,315	0,549	1,12	0,584	70
	0,94	89,35	38,56	5,87	3,00	13,73	6,81	0,320	0,122	0,483	0,638	0,754	80
	0,99	70,45	28,97	4,43	2,12	9,62	10,25	0,298	0,053	0,430	0,387	0,944	90
	1,02	56,96	22,44	3,42	1,55	7,00	14,76	0,279	0,025	0,387	0,248	1,155	100
	0,74	222,6	116,0	16,55	10,95	55,92	1,50	0,366	2,96	0,688	4,24	0,333	50
180	0,79	154,1	74,54	11,09	6,58	32,25	2,83	0,328	0,832	0,588	1,96	0,472	60
	0,83	112,9	51,28	7,81	4,24	20,25	4,83	0,299	0,281	0,511	1,02	0,634	70

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
200	0,87	86,22	37,08	5,71	2,88	13,54	7,67	0,275	0,109	0,449	0,578	0,819	80	
	0,91	67,98	27,86	4,31	2,03	9,49	11,53	0,256	0,047	0,400	0,351	1,026	90	
	0,95	54,96	21,57	3,32	1,48	6,90	16,62	0,240	0,022	0,359	0,224	1,255	100	
	0,69	213,0	110,6	16,11	10,52	54,70	1,69	0,317	2,66	0,643	3,85	0,361	50	
	0,73	147,4	71,07	10,78	6,31	31,55	3,17	0,284	0,747	0,549	1,78	0,512	60	
	0,77	108,0	48,89	7,58	4,06	19,81	5,42	0,258	0,252	0,476	0,924	0,688	70	
	0,81	82,50	35,35	5,54	2,75	13,24	8,60	0,238	0,098	0,419	0,524	0,888	80	
	0,85	65,05	26,56	4,17	1,94	9,28	12,94	0,222	0,042	0,373	0,318	1,112	90	
	0,88	52,59	20,57	3,21	1,42	6,75	18,64	0,208	0,020	0,334	0,204	1,361	100	
	Зональный пояс 2													
10	8,22	27,78	12,26	8,18	14,74	9,67	0,56	0,970	21,82	2,80	5,44	0,368	50	
	8,78	19,23	7,87	4,99	8,24	5,58	1,06	0,868	5,63	2,26	2,51	0,522	60	
	9,28	14,09	5,42	3,25	4,99	3,50	1,80	0,790	1,77	1,87	1,31	0,701	70	
	9,74	10,76	3,92	2,22	3,21	2,34	2,86	0,729	0,65	1,58	0,74	0,905	80	
	10,17	8,49	2,94	1,58	2,17	1,64	4,31	0,678	0,26	1,35	0,45	1,13	90	
	10,56	6,86	2,28	1,15	1,52	1,19	6,20	0,636	0,117	1,17	0,29	1,39	100	
	3,58	131,5	62,39	23,44	28,74	35,36	0,31	2,34	33,55	3,81	9,14	0,209	50	
	3,82	91,01	40,08	15,31	16,92	20,39	0,58	0,58	2,09	9,21	3,20	4,22	0,297	60
	4,04	66,68	27,57	10,55	10,71	12,81	0,99	0,99	1,90	3,05	2,74	2,19	0,398	70
	4,24	50,93	19,94	7,57	7,16	8,56	1,57	1,76	1,76	1,16	2,38	1,25	0,515	80
4,43	40,16	14,98	5,61	4,99	6,00	2,37	1,63	0,49	2,10	0,756	0,645	90		
4,60	32,47	11,60	4,27	3,60	4,36	3,41	1,53	0,23	1,87	0,483	0,789	100		

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
40	1,72	380,3	189,1	40,35	37,95	87,96	0,24	3,45	32,36	3,78	11,28	0,159	50	
	1,84	263,3	121,5	27,61	23,15	50,74	0,46	3,09	9,27	3,27	5,21	0,226	60	
	1,94	192,89	83,58	19,79	15,10	31,86	0,78	2,81	3,18	2,87	2,71	0,304	70	
	2,04	147,3	60,44	14,70	10,36	21,29	1,24	2,59	1,25	2,55	1,54	0,392	80	
	2,13	116,2	45,41	11,22	7,39	14,92	1,87	2,41	0,55	2,29	0,93	0,491	90	
	2,21	93,92	35,16	8,77	5,44	10,86	2,69	2,26	0,26	2,07	0,60	0,601	100	
	1,17	563,5	284,6	47,33	39,58	125,4	0,25	3,45	27,41	3,42	11,06	0,156	50	
	1,26	390,0	182,8	182,8	32,95	24,47	72,35	0,47	3,09	7,98	2,99	5,10	0,221	60
	1,33	285,8	125,8	125,8	23,97	16,15	45,43	0,80	2,81	2,78	2,65	2,65	0,297	70
	1,39	218,3	90,94	90,94	18,03	11,19	30,36	1,28	2,59	1,11	2,37	1,51	0,383	80
1,45	172,1	68,33	68,33	13,93	8,05	21,28	1,92	2,41	0,49	2,14	0,91	0,480	90	
1,51	139,1	52,91	52,91	10,99	5,97	15,48	2,77	2,26	0,23	1,95	0,58	0,588	100	
0,92	672,4	341,5	341,5	50,29	39,19	149,0	0,28	3,12	23,22	3,08	10,22	0,163	50	
0,98	465,4	219,4	219,4	35,30	24,38	85,93	0,52	2,79	6,81	2,71	4,72	0,231	60	
1,03	341,0	150,9	150,9	25,85	16,17	53,96	0,88	2,54	2,39	2,41	2,45	0,310	70	
1,09	260,5	109,1	109,1	19,55	11,25	36,06	1,40	2,34	0,95	2,16	1,39	0,401	80	
1,13	205,4	82,00	82,00	15,18	8,13	25,27	2,11	2,18	0,42	1,96	0,85	0,502	90	
1,18	166,0	63,49	63,49	12,04	6,05	18,39	3,04	2,04	0,20	1,79	0,54	0,614	100	
0,76	727,4	369,9	369,9	51,38	38,14	162,7	0,31	2,72	19,95	2,80	9,27	0,175	50	
0,82	503,5	237,7	237,7	36,20	23,80	93,81	0,58	2,43	5,87	2,47	4,28	0,248	60	
0,86	368,9	163,5	163,5	26,59	15,82	58,91	0,99	2,22	2,06	2,20	2,23	0,333	70	

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	0,90	281,8	118,2	20,17	11,04	39,37	1,58	2,04	0,83	1,98	1,264	0,430	80
	0,94	222,2	88,82	15,70	7,99	27,59	2,37	1,90	0,37	1,79	0,767	0,538	90
	0,98	179,6	68,78	12,48	5,96	20,07	3,42	1,78	0,18	1,64	0,491	0,658	100
	0,66	746,9	379,5	51,50	36,88	169,7	0,35	2,34	17,37	2,57	8,36	0,189	50
	0,71	517,0	243,8	36,33	23,04	97,85	0,66	2,10	5,12	2,26	3,86	0,268	60
	0,75	378,8	167,7	26,72	15,33	61,45	1,12	1,91	1,80	2,02	2,01	0,360	70
	0,79	289,3	121,3	20,29	10,70	41,06	1,79	1,76	0,72	1,82	1,14	0,465	80
	0,82	228,1	91,11	15,81	7,75	28,78	2,69	1,64	0,32	1,65	0,692	0,583	90
	0,85	184,4	70,55	12,57	5,79	20,94	3,87	1,54	0,15	1,51	0,442	0,713	100
	0,59	743,7	377,0	51,06	35,57	172,19	0,40	2,01	15,31	2,37	7,54	0,205	50
	0,63	514,8	242,2	36,02	22,22	99,32	0,75	1,80	4,51	2,09	3,48	0,291	60
	0,67	377,2	166,61	26,49	14,79	62,37	1,27	1,64	1,59	1,86	1,81	0,391	70
	0,70	288,1	120,49	20,12	10,33	41,68	2,02	1,51	0,64	1,68	1,03	0,505	80
	0,73	227,2	90,53	15,67	7,48	29,21	3,04	1,41	0,28	1,52	0,62	0,633	90
	0,76	183,7	70,10	12,47	5,58	21,25	4,38	1,32	0,14	1,39	0,40	0,774	100
	0,54	726,6	367,3	50,29	34,27	171,8	0,45	1,73	13,63	2,20	6,80	0,223	50
	0,57	502,9	235,9	35,45	21,40	99,07	0,84	1,54	4,01	1,94	3,14	0,317	60
	0,61	368,5	162,3	26,06	14,24	62,21	1,44	1,41	1,41	1,73	1,63	0,425	70
	0,64	281,5	117,36	19,78	9,94	41,58	2,28	1,30	0,57	1,55	0,93	0,549	80
	0,67	221,9	88,18	15,40	7,20	29,14	3,43	1,21	0,25	1,41	0,56	0,688	90
	0,69	179,4	68,28	12,24	5,37	21,20	4,94	1,13	0,12	1,29	0,36	0,842	100

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
180	0,50	701,0	353,2	49,33	33,02	169,4	0,50	1,49	12,23	2,05	6,16	0,243	50	
	0,53	485,3	226,9	34,73	20,60	97,69	0,95	1,33	3,60	1,81	2,84	0,344	60	
	0,56	355,5	156,1	25,50	13,70	61,34	1,62	1,21	1,26	1,61	1,48	0,462	70	
	0,59	271,6	112,9	19,33	9,55	41,00	2,57	1,12	0,51	1,45	0,839	0,596	80	
	0,61	214,1	84,79	15,04	6,91	28,73	3,86	1,04	0,22	1,31	0,509	0,747	90	
	0,64	173,1	65,66	11,95	5,16	20,90	5,57	0,975	0,11	1,20	0,326	0,914	100	
	0,46	670,8	336,7	48,25	31,82	165,7	0,57	1,29	11,05	1,92	5,59	0,263	50	
	0,49	464,4	216,3	33,91	19,83	95,56	1,06	1,15	3,24	1,69	2,58	0,373	60	
	0,52	340,2	148,8	24,86	13,17	60,01	1,81	1,05	1,14	1,51	1,34	0,501	70	
	0,55	259,9	107,6	18,83	9,18	40,10	2,88	0,966	0,46	1,35	0,761	0,647	80	
200	0,57	204,9	80,84	14,63	6,64	28,11	4,33	0,899	0,20	1,23	0,462	0,810	90	
	0,60	165,7	62,60	11,61	4,95	20,45	6,24	0,843	0,10	1,12	0,296	0,992	100	
	Зональный пояс 3													
	10	6,53	45,32	18,95	11,09	19,48	13,00	0,73	1,62	28,69	3,95	5,76	0,597	50
		6,98	31,37	12,17	6,91	11,07	7,50	1,37	1,45	7,55	3,23	2,66	0,846	60
		7,38	22,98	8,37	4,58	6,80	4,71	2,34	1,32	2,41	2,70	1,38	1,14	70
		7,74	17,56	6,05	3,18	4,43	3,15	3,72	1,21	0,89	2,30	0,785	1,47	80
		8,08	13,84	4,55	2,29	3,02	2,20	5,59	1,13	0,37	1,99	0,476	1,84	90
		8,40	11,19	3,52	1,69	2,13	1,60	8,05	1,06	0,17	1,74	0,305	2,25	100
		2,84	214,5	96,45	28,95	35,31	47,50	0,40	3,89	40,50	5,07	9,683	0,339	50
3,04		148,5	61,96	19,32	21,13	27,40	0,75	3,48	11,33	4,31	4,47	0,481	60	
20														

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	3,21	108,8	42,62	13,55	13,56	17,21	1,29	3,17	3,82	3,73	2,32	0,646	70
	3,37	83,08	30,82	9,88	9,17	11,50	2,04	2,92	1,48	3,28	1,32	0,834	80
	3,52	65,51	23,16	7,42	6,46	8,06	3,07	2,72	0,63	2,91	0,801	1,05	90
	3,66	52,96	17,93	5,72	4,70	5,86	4,43	2,55	0,30	2,61	0,512	1,28	100
	1,37	620,4	292,4	46,70	44,30	118,2	0,32	5,74	36,79	4,83	11,95	0,259	50
	1,46	429,4	187,85	32,63	27,46	68,17	0,59	5,14	10,75	4,23	5,51	0,366	60
40	1,55	314,6	129,22	23,81	18,16	42,81	1,01	4,68	3,75	3,75	2,87	0,492	70
	1,62	240,3	93,45	17,96	12,61	28,61	1,61	4,31	1,50	3,36	1,63	0,636	80
	1,69	189,5	70,21	13,90	9,09	20,05	2,42	4,02	0,66	3,04	0,988	0,796	90
	1,76	153,2	54,37	11,00	6,75	14,59	3,49	3,77	0,32	2,77	0,632	0,974	100
	0,93	919,1	440,0	53,42	45,29	168,5	0,33	5,75	30,46	4,30	11,71	0,253	50
	1,00	636,2	282,7	37,99	28,46	97,21	0,61	5,14	9,04	3,80	5,41	0,358	60
60	1,06	466,1	194,4	28,13	19,03	61,04	1,04	4,68	3,20	3,41	2,81	0,481	70
	1,11	356,0	140,6	21,49	13,34	40,79	1,66	4,32	1,29	3,08	1,60	0,621	80
	1,16	280,7	105,6	16,83	9,70	28,59	2,49	4,02	0,58	2,80	0,968	0,778	90
	1,20	227,0	81,8	13,45	7,27	20,80	3,59	3,77	0,28	2,57	0,619	0,952	100
	0,73	1096,8	528,0	56,10	44,41	200,2	0,36	5,19	25,53	3,84	10,83	0,264	50
	0,78	759,2	339,2	40,21	28,08	115,5	0,67	4,65	7,63	3,42	5,00	0,375	60
	0,82	556,2	233,3	29,98	18,88	72,50	1,15	4,23	2,72	3,07	2,60	0,503	70
80	0,86	424,9	168,7	23,03	13,30	48,45	1,82	3,90	1,10	2,79	1,48	0,650	80
	0,90	335,0	126,8	18,13	9,71	33,96	2,74	3,63	0,49	2,55	0,895	0,814	90
	0,94	270,8	98,17	14,56	7,30	24,71	3,95	3,40	0,24	2,34	0,573	0,996	100

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
100	0,61	1186,5	572,0	56,98	43,02	218,5	0,40	4,53	21,82	3,48	9,82	0,283	50
	0,65	821,3	367,4	41,00	27,28	126,0	0,76	4,05	6,54	3,10	4,53	0,401	60
	0,69	601,8	252,7	30,66	18,39	79,15	1,29	3,69	2,34	2,79	2,36	0,539	70
	0,72	459,7	182,8	23,62	12,98	52,90	2,05	3,40	0,95	2,54	1,34	0,696	80
	0,75	362,4	137,3	18,64	9,49	37,07	3,08	3,17	0,43	2,32	0,812	0,872	90
	0,78	293,0	106,3	15,00	7,15	26,97	4,44	2,97	0,21	2,14	0,520	1,07	100
	0,53	1218,3	586,7	56,96	41,50	227,9	0,45	3,90	18,96	3,18	8,86	0,307	50
	0,56	843,3	376,9	41,04	26,35	131,5	0,86	3,49	5,69	2,84	4,09	0,435	60
	0,60	617,9	259,3	30,73	17,78	82,56	1,46	3,18	2,04	2,56	2,13	0,584	70
	0,62	472,0	187,5	23,70	12,56	55,17	2,32	2,93	0,83	0,83	2,33	1,21	0,754
120	0,65	372,1	140,9	18,72	9,19	38,67	3,49	2,73	0,37	2,13	0,733	0,944	90
	0,68	300,9	109,1	15,07	6,92	28,13	5,02	2,56	0,18	1,96	0,469	1,16	100
	0,47	1213,1	582,9	56,44	39,99	231,4	0,51	3,35	16,70	2,93	7,98	0,333	50
	0,50	839,7	374,5	40,67	25,39	133,4	0,97	2,99	5,01	2,62	3,69	0,472	60
	0,53	615,3	257,6	30,45	17,14	83,80	1,65	2,73	1,79	2,36	1,92	0,634	70
	0,56	470,0	186,3	23,49	12,11	56,00	2,62	2,51	0,73	2,15	1,09	0,819	80
	0,58	370,6	140,0	18,55	8,86	39,25	3,95	2,34	0,33	1,97	0,660	1,03	90
	0,60	299,6	108,4	14,94	6,68	28,55	5,68	2,19	0,16	1,81	0,422	1,26	100
	0,43	1185,1	567,8	55,63	38,54	230,8	0,58	2,87	14,87	2,72	7,21	0,362	50
	0,46	820,4	364,8	40,06	24,46	133,1	1,09	2,57	4,46	2,43	3,326	0,513	60
160	0,48	601,1	250,9	29,97	16,50	83,59	1,87	2,34	1,60	2,19	1,73	0,689	70

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
180	0,51	459,1	181,4	23,11	11,65	55,86	2,96	2,16	0,65	1,99	0,982	0,890	80	
	0,53	362,0	136,3	18,24	8,53	39,15	4,46	2,01	0,29	1,82	0,596	1,12	90	
	0,55	292,7	105,6	14,68	6,42	28,48	6,42	1,88	0,14	1,68	0,381	1,36	100	
	0,39	1143,5	546,0	54,65	37,17	227,56	0,65	2,48	13,36	2,54	6,52	0,393	50	
	0,42	791,5	350,8	39,29	23,56	131,25	1,23	2,22	4,00	2,27	3,010	0,557	60	
	0,45	580,0	241,3	29,37	15,88	82,42	2,10	2,02	1,43	2,04	1,57	0,749	70	
	0,47	443,0	174,5	22,62	11,21	55,08	3,34	1,86	0,58	1,86	0,889	0,967	80	
	0,49	349,3	131,1	17,84	8,20	38,60	5,02	1,73	0,26	1,70	0,539	1,21	90	
	0,51	282,4	101,5	14,35	6,17	28,09	7,23	1,62	0,13	1,56	0,345	1,48	100	
	0,37	1094,2	520,6	520,6	53,55	35,86	222,6	0,73	2,14	12,09	2,39	5,920	0,426	50
200	0,39	757,4	334,4	38,44	22,71	128,4	1,38	1,92	3,62	2,13	2,732	0,604	60	
	0,42	555,0	230,0	28,69	15,29	80,63	2,36	1,74	1,29	1,91	1,421	0,812	70	
	0,44	423,9	166,4	22,07	10,78	53,88	3,74	1,61	0,52	1,74	0,807	1,05	80	
	0,46	334,2	125,0	17,38	7,88	37,76	5,63	1,50	0,24	1,59	0,490	1,31	90	
	0,47	270,2	96,78	13,97	5,93	27,48	8,10	1,40	0,11	1,46	0,313	1,61	100	
	Зональный пояс 4													
	10	5,55	59,11	23,44	10,68	18,56	13,68	1,31	2,0	24,69	4,14	5,59	1,13	50
		5,93	40,92	15,06	6,74	10,64	7,89	2,47	1,8	6,57	3,40	2,58	1,61	60
		6,27	29,98	10,36	4,51	6,58	4,96	4,22	1,6	2,12	2,86	1,34	2,16	70
		6,58	22,90	7,49	3,16	4,32	3,31	6,70	1,5	0,79	2,45	0,76	2,79	80
6,87		18,06	5,63	2,29	2,96	2,32	10,07	1,4	0,33	2,13	0,46	3,49	90	
7,14		14,60	4,36	1,71	2,10	1,69	14,51	1,3	0,15	1,87	0,295	4,27	100	

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	2,42	279,8	119,3	26,48	32,30	50,02	0,72	4,9	33,24	5,13	9,39	0,644	50
	2,58	193,6	76,65	17,87	19,49	28,85	1,36	4,4	9,40	4,40	4,33	0,914	60
20	2,73	141,9	52,73	12,66	12,60	18,12	2,32	4,0	3,20	3,83	2,25	1,23	70
	2,86	108,4	38,13	9,31	8,58	12,11	3,68	3,7	1,25	3,38	1,28	1,58	80
	2,99	85,45	28,65	7,05	6,08	8,48	5,53	3,4	0,54	3,02	0,776	1,99	90
	3,11	69,08	22,18	5,46	4,45	6,17	7,97	3,2	0,25	2,71	0,496	2,43	100
	1,16	809,2	361,7	41,19	39,37	124,4	0,57	7,2	29,21	4,78	11,58	0,491	50
	1,24	560,1	232,4	29,12	24,62	71,78	1,07	6,4	8,62	4,22	5,35	0,696	60
40	1,31	410,4	159,9	21,46	16,41	45,07	1,83	5,9	3,04	3,76	2,78	0,94	70
	1,38	313,5	115,6	16,32	11,46	30,12	2,90	5,4	1,22	3,39	1,58	1,21	80
	1,44	247,2	86,86	12,73	8,31	21,11	4,37	5,0	0,54	3,08	0,958	1,51	90
	1,49	199,8	67,26	10,14	6,21	15,36	6,29	4,7	0,26	2,82	0,613	1,85	100
	0,79	1198,9	544,3	46,46	39,80	177,5	0,59	7,2	23,88	4,21	11,35	0,480	50
	0,85	829,9	349,7	33,43	25,23	102,4	1,10	6,4	7,16	3,76	5,24	0,681	60
60	0,90	608,0	240,5	24,99	17,00	64,27	1,88	5,9	2,56	3,38	2,73	0,914	70
	0,94	464,4	173,9	19,26	11,99	42,95	2,99	5,4	1,04	3,07	1,547	1,18	80
	0,98	366,2	130,7	15,19	8,77	30,10	4,49	5,0	0,47	2,81	0,939	1,48	90
	1,02	296,1	101,2	12,22	6,60	21,90	6,47	4,7	0,23	2,59	0,600	1,81	100
	0,62	1430,6	653,2	48,47	38,81	210,8	0,64	6,5	19,89	3,75	10,50	0,502	50
80	0,66	990,3	419,6	35,15	24,75	121,6	1,21	5,8	6,01	3,36	4,85	0,712	60
	0,70	725,6	288,6	26,46	16,77	76,34	2,07	5,3	2,16	3,04	2,52	0,956	70

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	0,73	554,2	208,7	20,50	11,89	51,01	3,29	4,9	0,88	2,77	1,43	1,23	80
	0,77	437,0	156,8	16,26	8,73	35,75	4,94	4,5	0,40	2,55	0,868	1,55	90
	0,79	353,3	121,4	13,14	6,59	26,01	7,12	4,3	0,19	2,35	0,555	1,89	100
	0,52	1547,7	707,6	49,06	37,48	230,1	0,72	5,7	16,94	3,39	9,52	0,538	50
	0,55	1071,3	454,5	35,71	23,98	132,7	1,36	5,1	5,14	3,04	4,40	0,763	60
100	0,58	785,0	312,7	26,97	16,28	83,34	2,32	4,6	1,85	2,76	2,29	1,02	70
	0,61	599,6	226,1	20,96	11,57	55,70	3,69	4,3	0,76	2,52	1,30	1,32	80
	0,64	472,7	169,9	16,66	8,51	39,03	5,55	4,0	0,34	2,32	0,788	1,66	90
	0,66	382,2	131,5	13,49	6,44	28,40	8,00	3,7	0,17	2,14	0,504	2,03	100
	0,45	1589,2	725,8	48,97	36,10	240,0	0,82	4,9	14,70	3,09	8,59	0,582	50
	0,48	1100,0	466,3	35,70	23,12	138,4	1,54	4,4	4,46	2,78	3,96	0,826	60
120	0,51	806,0	320,7	26,99	15,72	86,93	2,63	4,0	1,61	2,52	2,06	1,11	70
	0,53	615,6	231,9	20,99	11,18	58,09	4,18	3,7	0,66	2,31	1,170	1,43	80
	0,55	485,4	174,3	16,70	8,23	40,71	6,28	3,4	0,30	2,12	0,710	1,79	90
	0,58	392,4	134,9	13,54	6,23	29,62	9,05	3,2	0,15	1,96	0,454	2,20	100
	0,40	1582,4	721,1	48,50	34,77	243,6	0,93	4,2	12,94	2,85	7,74	0,633	50
	0,43	1095,4	463,3	35,36	22,27	140,5	1,74	3,7	3,93	2,56	3,57	0,897	60
	0,45	802,6	318,7	26,73	15,14	88,23	2,98	3,4	1,42	2,33	1,86	1,20	70
	0,47	613,0	230,4	20,80	10,77	58,96	4,73	3,1	0,58	2,13	1,05	1,56	80
	0,49	483,3	173,1	16,55	7,93	41,32	7,11	2,9	0,26	1,96	0,640	1,95	90
	0,51	390,8	134,1	13,41	6,00	30,07	10,24	2,7	0,13	1,81	0,409	2,38	100
140													

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
160	0,36	1545,9	702,4	47,81	33,51	243,0	1,05	3,6	11,53	2,65	6,99	0,688	50	
	0,39	1070,1	451,2	34,83	21,46	140,2	1,97	3,2	3,50	2,38	3,22	0,975	60	
	0,41	784,0	310,4	26,32	14,58	88,01	3,36	2,9	1,26	2,16	1,68	1,31	70	
	0,43	598,9	224,5	20,46	10,36	58,82	5,34	2,7	0,52	1,97	0,952	1,69	80	
	0,45	472,2	168,7	16,27	7,63	41,22	8,03	2,5	0,23	1,81	0,578	2,12	90	
	0,47	381,8	130,6	13,18	5,78	29,99	11,56	2,4	0,11	1,68	0,370	2,59	100	
	0,34	1491,6	675,4	47,00	32,33	239,6	1,18	3,1	10,37	2,47	6,32	0,747	50	
	0,36	1032,5	433,9	34,19	20,68	138,2	2,22	2,8	3,14	2,22	2,92	1,06	60	
	0,38	756,5	298,5	25,80	14,04	86,78	3,78	2,5	1,13	2,01	1,52	1,42	70	
	0,40	577,8	215,8	20,04	9,97	58,00	6,01	2,3	0,46	1,84	0,862	1,84	80	
180	0,42	455,6	162,2	15,92	7,34	40,64	9,04	2,2	0,21	1,69	0,523	2,30	90	
	0,43	368,3	125,6	12,89	5,55	29,57	13,02	2,0	0,10	1,56	0,334	2,82	100	
	0,31	1427,3	644,0	46,10	31,21	234,4	1,32	2,7	9,39	2,32	5,74	0,81	50	
	0,33	988,0	413,7	33,48	19,94	135,2	2,49	2,4	2,84	2,08	2,65	1,15	60	
	0,35	723,9	284,6	25,23	13,53	84,90	4,24	2,2	1,02	1,89	1,38	1,54	70	
	0,37	552,9	205,8	19,57	9,60	56,74	6,74	2,0	0,42	1,72	0,782	1,99	80	
	0,39	436,0	154,6	15,54	7,06	39,76	10,13	1,9	0,19	1,58	0,475	2,50	90	
	0,40	352,5	119,7	12,56	5,33	28,93	14,60	1,8	0,09	1,46	0,304	3,05	100	
	10	Зональный пояс 5												
		4,89	69,34	26,16	9,02	15,58	13,01	2,61	2,22	18,13	3,84	5,23	2,21	50
5,23	48,00	16,81	5,73	8,98	7,51	4,91	1,99	4,85	3,17	2,42	3,14	60		

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	5,53	35,17	11,56	3,86	5,58	4,71	8,38	1,81	1,57	2,68	1,26	4,22	70
	5,80	26,86	8,36	2,71	3,67	3,15	13,31	1,67	0,59	2,30	0,71	5,44	80
	6,05	21,18	6,28	1,97	2,53	2,21	20,02	1,55	0,25	2,00	0,43	6,82	90
	6,29	17,12	4,86	1,48	1,80	1,61	28,84	1,46	0,11	1,76	0,28	8,34	100
	2,13	328,2	133,2	21,66	26,44	47,56	1,44	5,35	23,70	4,67	8,79	1,26	50
	2,27	227,2	85,56	14,72	16,04	27,43	2,70	4,79	6,75	4,02	4,06	1,78	60
20	2,41	166,4	58,85	10,49	10,42	17,23	4,61	4,36	2,31	3,51	2,11	2,40	70
	2,53	127,1	42,56	7,75	7,12	11,51	7,31	4,02	0,90	3,11	1,20	3,09	80
	2,64	100,2	31,98	5,89	5,06	8,07	11,00	3,74	0,39	2,78	0,727	3,88	90
	2,74	81,0	24,76	4,59	3,72	5,87	15,85	3,51	0,19	2,51	0,465	4,74	100
	1,02	949,2	403,8	32,93	31,65	118,3	1,13	7,89	20,41	4,28	10,85	0,959	50
	1,09	657,0	259,4	23,45	19,90	68,25	2,13	7,06	6,06	3,79	5,01	1,36	60
40	1,16	481,4	178,4	17,38	13,32	42,86	3,63	6,43	2,15	3,40	2,61	1,83	70
	1,21	367,7	129,0	13,29	9,34	28,64	5,77	5,93	0,87	3,07	1,48	2,36	80
	1,27	289,9	96,95	10,41	6,80	20,07	8,68	5,52	0,39	2,80	0,897	2,95	90
	1,32	234,4	75,07	8,33	5,09	14,61	12,50	5,18	0,19	2,57	0,574	3,61	100
	0,70	1406,3	607,5	36,83	31,76	168,8	1,16	7,89	16,55	3,75	10,64	0,94	50
	0,75	973,4	390,3	26,68	20,24	97,33	2,19	7,06	5,00	3,36	4,91	1,33	60
	0,79	713,2	268,5	20,07	13,70	61,12	3,74	6,43	1,79	3,04	2,55	1,78	70
	0,83	544,8	194,1	15,54	9,71	40,85	5,94	5,93	0,73	2,77	1,45	2,30	80
	0,87	429,5	145,9	12,32	7,12	28,63	8,93	5,52	0,33	2,54	0,880	2,89	90
	0,90	347,3	113,0	9,95	5,38	20,83	12,86	5,18	0,16	2,34	0,563	3,53	100

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
80	0,54	1678,1	729,1	38,25	30,86	200,4	1,28	7,13	13,73	3,33	9,84	0,980	50
	0,58	1161,6	468,4	27,93	19,79	115,6	2,41	6,38	4,18	3,00	4,54	1,39	60
	0,62	851,1	322,2	21,15	13,47	72,59	4,11	5,81	1,51	2,72	2,36	1,87	70
	0,65	650,1	233,0	16,48	9,59	48,51	6,53	5,36	0,62	2,49	1,34	2,41	80
	0,67	512,6	175,0	13,13	7,06	34,00	9,82	4,99	0,28	2,29	0,813	3,02	90
100	0,70	414,4	135,5	10,65	5,35	24,74	14,15	4,68	0,14	2,12	0,520	3,69	100
	0,45	1815,5	789,8	38,64	29,75	218,8	1,44	6,22	11,67	3,00	8,92	1,05	50
	0,49	1256,7	507,3	28,32	19,14	126,2	2,71	5,57	3,56	2,71	4,12	1,49	60
	0,51	920,8	349,0	21,52	13,06	79,25	4,62	5,07	1,29	2,47	2,14	2,00	70
	0,54	703,3	252,4	16,80	9,31	52,96	7,34	4,67	0,53	2,26	1,22	2,58	80
120	0,56	554,5	189,6	13,42	6,87	37,12	11,04	4,35	0,24	2,08	0,738	3,24	90
	0,58	448,3	146,8	10,91	5,22	27,01	15,90	4,08	0,12	1,93	0,472	3,96	100
	0,39	1864,1	810,1	38,53	28,63	228,2	1,63	5,36	10,12	2,74	8,047	1,14	50
	0,42	1290,4	520,4	28,28	18,44	131,6	3,06	4,79	3,09	2,48	3,71	1,61	60
	0,45	945,4	358,0	21,51	12,59	82,66	5,23	4,36	1,12	2,25	1,93	2,17	70
140	0,47	722,1	258,9	16,82	8,99	55,24	8,30	4,02	0,46	2,07	1,10	2,80	80
	0,49	569,4	194,5	13,44	6,64	38,72	12,49	3,75	0,21	1,91	0,665	3,50	90
	0,51	460,3	150,6	10,94	5,04	28,17	17,99	3,51	0,10	1,77	0,426	4,29	100
	0,35	1856,2	804,9	38,14	27,56	231,7	1,84	4,60	8,91	2,53	7,25	1,24	50
	0,38	1284,9	517,1	28,00	17,75	133,6	3,47	4,11	2,72	2,28	3,35	1,75	60
	0,40	941,4	355,7	21,30	12,12	83,90	5,91	3,75	0,99	2,08	1,74	2,35	70

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	0,42	719,1	257,2	16,65	8,65	56,07	9,39	3,45	0,41	1,90	0,988	3,04	80
	0,44	567,0	193,3	13,31	6,39	39,30	14,13	3,21	0,18	1,76	0,600	3,81	90
	0,45	458,4	149,7	10,83	4,86	28,59	20,35	3,01	0,09	1,63	0,384	4,66	100
	0,32	1813,4	784,0	37,60	26,56	231,1	2,08	3,95	7,93	2,35	6,55	1,34	50
	0,34	1255,2	503,7	27,58	17,10	133,3	3,92	3,53	2,42	2,12	3,02	1,90	60
	0,36	919,7	346,4	20,97	11,67	83,69	6,68	3,22	0,88	1,93	1,57	2,56	70
160	0,38	702,5	250,5	16,38	8,33	55,93	10,61	2,97	0,36	1,77	0,892	3,30	80
	0,40	553,9	188,2	13,09	6,15	39,20	15,96	2,76	0,16	1,63	0,541	4,14	90
	0,41	447,8	145,8	10,65	4,67	28,52	22,99	2,59	0,08	1,51	0,346	5,06	100
	0,30	1749,7	753,9	36,97	25,62	227,9	2,34	3,40	7,13	2,19	5,92	1,46	50
	0,32	1211,1	484,3	27,08	16,48	131,4	4,41	3,04	2,18	1,98	2,73	2,07	60
180	0,33	887,4	333,1	20,56	11,24	82,53	7,52	2,77	0,79	1,80	1,42	2,78	70
	0,35	677,8	240,9	16,05	8,02	55,15	11,94	2,55	0,32	1,65	0,807	3,59	80
	0,37	534,4	181,0	12,81	5,92	38,65	17,96	2,38	0,15	1,52	0,490	4,49	90
	0,38	432,1	140,2	10,42	4,49	28,12	25,87	2,23	0,07	1,41	0,313	5,50	100
	0,28	1674,3	718,8	36,29	24,75	222,9	2,63	2,94	6,47	2,06	5,38	1,58	50
200	0,29	1158,9	461,8	26,54	15,90	128,56	4,94	2,63	1,97	1,85	2,48	2,24	60
	0,31	849,1	317,6	20,12	10,83	80,73	8,43	2,40	0,71	1,69	1,29	3,01	70
	0,33	648,6	229,7	15,69	7,72	53,95	13,39	2,21	0,29	1,54	0,733	3,89	80
	0,34	511,4	172,6	12,51	5,69	37,81	20,14	2,06	0,13	1,42	0,445	4,87	90
	0,35	413,5	133,6	10,16	4,32	27,51	29,02	1,93	0,07	1,32	0,284	5,96	100

Расчетные возрастные тренды массообразующих показателей и фитомассы кедровников  
(по материалам базы данных)

Возраст $A$ , лет	Средняя высота $H$ , м	Средний диаметр $D$ , см	Густота $N$ , тыс. экз./ га	Запас стволов $M$ , м <sup>3</sup> /га	Фитомасса $P_p$ , т/га						нижнего яруса $P_U$	всего $P_{tot}$
					стволов $P_S$		хвои $P_F$	ветвей $P_B$	надземная $P_{abo}$	корней $P_R$		
					всего $P_{SB}$	коры $P_{SK}$						
<b>(D) УРАЛЬСКАЯ ПРОВИНЦИЯ</b>												
<b>Средняя тайга (<i>P. sibirica</i>)</b>												
20	3,2	3,3	1,184	4,0	1,3	0,4	1,35	1,09	3,7	0,7	2,63	7,1
40	8,3	8,6	1,171	46,2	15,3	2,8	4,07	5,31	24,7	6,8	2,02	33,5
60	12,9	13,7	1,099	137,9	47,0	6,9	6,12	10,10	63,2	18,3	1,81	83,3
80	16,7	18,2	1,024	257,9	89,2	11,3	7,36	14,06	110,6	32,1	1,71	144,5
100	19,8	22,0	0,955	384,6	134,4	15,5	7,98	16,89	159,3	46,1	1,66	207,1
120	22,4	25,4	0,894	504,2	177,6	19,0	8,21	18,73	204,5	58,8	1,63	264,9
140	24,4	28,2	0,839	609,6	215,9	21,8	8,17	19,78	243,8	69,7	1,62	315,2
160	26,1	30,7	0,791	698,1	248,2	23,9	7,98	20,23	276,4	78,7	1,61	356,8
180	27,5	32,8	0,748	769,4	274,4	25,4	7,69	20,26	302,4	85,9	1,61	389,9
200	28,7	34,7	0,709	824,6	294,8	26,4	7,35	19,98	322,2	91,4	1,62	415,1
220	29,6	36,3	0,674	865,4	310,0	27,1	6,98	19,49	336,5	95,4	1,62	433,5
240	30,3	37,7	0,642	893,7	320,6	27,3	6,61	18,87	346,1	98,1	1,63	445,8
260	30,9	38,9	0,613	911,3	327,3	27,4	6,24	18,16	351,7	99,8	1,64	453,1
280	31,3	39,9	0,587	919,9	330,7	27,2	5,88	17,39	354,0	100,5	1,66	456,2
300	31,7	40,8	0,562	921,1	331,4	26,8	5,53	16,61	353,5	100,6	1,67	455,8
320	31,9	41,6	0,540	916,3	329,8	26,3	5,20	15,82	350,8	100,0	1,68	452,5
340	32,1	42,3	0,519	906,7	326,4	25,7	4,89	15,04	346,4	99,0	1,70	447,1
360	32,2	42,9	0,500	893,1	321,6	25,1	4,60	14,28	340,5	97,6	1,71	439,8
<b>(E) ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ</b>												
<b>Южная тайга (<i>P. sibirica</i>)</b>												
20	2,5	2,5	1,043	2,0	1,0	0,4	1,81	1,47	4,3	0,5	8,51	13,3
40	6,4	6,6	1,032	22,6	12,4	2,9	5,44	7,14	24,9	4,3	6,53	35,8

Возраст $A$ , лет	Средняя высота $H$ , м	Средний диаметр $D$ , см	Густота $N$ , тыс. экз./ га	Запас стволов $M$ , м <sup>3</sup> /га	Фитомасса $P$ , т/га								нижнего яруса $P_U$	всего $P_{tot}$
					стволов $P_S$		хвои $P_F$	ветвей $P_B$	надземная $P_{abo}$	корней $P_R$	всего $P_{tot}$			
					всего	коры $P_{SB}$								
60	9,9	10,4	0,968	67,6	37,9	7,2	8,17	13,60	59,7	11,5	5,87	77,0		
80	12,8	13,8	0,902	126,4	72,0	11,8	9,82	18,92	100,8	20,2	5,55	126,5		
100	15,2	16,8	0,841	188,5	108,5	16,1	10,66	22,74	141,9	29,0	5,39	176,3		
120	17,2	19,3	0,787	247,1	143,3	19,8	10,96	25,21	179,5	37,0	5,29	221,8		
140	18,8	21,5	0,740	298,8	174,3	22,7	10,91	26,62	211,8	43,8	5,25	260,9		
160	20,1	23,3	0,697	342,1	200,4	24,9	10,65	27,23	238,3	49,5	5,23	293,0		
180	21,1	25,0	0,659	377,1	221,5	26,5	10,27	27,26	259,1	54,0	5,23	318,3		
200	22,0	26,4	0,625	404,2	238,0	27,6	9,81	26,89	274,7	57,5	5,24	337,4		
220	22,7	27,6	0,594	424,1	250,3	28,2	9,32	26,23	285,8	60,0	5,26	351,1		
240	23,2	28,7	0,566	438,0	258,8	28,5	8,82	25,39	293,0	61,7	5,29	360,0		
260	23,7	29,6	0,540	446,6	264,2	28,5	8,33	24,44	297,0	62,7	5,33	365,0		
280	24,0	30,4	0,517	450,9	267,0	28,3	7,84	23,41	298,2	63,2	5,36	366,8		
300	24,3	31,1	0,496	451,5	267,5	27,9	7,38	22,35	297,2	63,2	5,41	365,9		
320	24,5	31,7	0,476	449,1	266,3	27,4	6,94	21,29	294,5	62,9	5,45	362,8		
340	24,6	32,2	0,457	444,4	263,5	26,8	6,53	20,24	290,3	62,3	5,50	358,1		
360	24,7	32,6	0,440	437,7	259,6	26,1	6,13	19,22	285,0	61,4	5,55	351,9		
<b>(Е) СРЕДНЕСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ</b>														
<b>Средняя тайга (<i>P. sibirica</i>)</b>														
20	1,7	1,8	1,237	0,6	0,3	0,1	0,60	0,54	1,4	0,4	24,75	26,5		
40	4,3	4,8	1,224	7,1	3,1	0,8	1,82	2,63	7,5	3,4	18,99	30,0		
60	6,6	7,6	1,148	21,1	9,5	2,1	2,73	5,01	17,2	9,3	17,06	43,5		
80	8,6	10,0	1,070	39,5	18,0	3,4	3,28	6,98	28,2	16,3	16,15	60,7		
100	10,2	12,1	0,998	58,8	27,1	4,6	3,56	8,38	39,1	23,4	15,66	78,1		
120	11,5	14,0	0,934	77,1	35,8	5,7	3,66	9,30	48,8	29,8	15,39	94,0		
140	12,6	15,6	0,877	93,3	43,5	6,5	3,65	9,81	57,0	35,4	15,26	107,6		
160	13,5	16,9	0,827	106,8	50,0	7,1	3,56	10,04	63,6	39,9	15,20	118,8		

Возраст $A$ , лет	Средняя высота $H$ , м	Средний диаметр $D$ , см	Густота $N$ , тыс. экз./ га	Запас стволов $M$ , м <sup>3</sup> /га	Фитомасса $P_p$ т/га							нижнего яруса $P_U$	всего $P_{tot}$
					стволов $P_S$		хвои $P_F$	ветвей $P_B$	надземная $P_{abo}$	корней $P_R$	всего $P_{tot}$		
					всего	коры $P_{SB}$							
180	14,2	18,1	0,781	117,7	55,3	7,6	3,43	10,05	68,8	43,6	15,20	127,6	
200	14,8	19,1	0,741	126,1	59,4	7,9	3,28	9,91	72,6	46,3	15,23	134,2	
220	15,2	20,0	0,704	132,4	62,5	8,1	3,12	9,67	75,3	48,4	15,30	139,0	
240	15,6	20,8	0,671	136,7	64,6	8,2	2,95	9,36	77,0	49,8	15,38	142,1	
260	15,9	21,4	0,641	139,4	66,0	8,2	2,78	9,01	77,8	50,6	15,48	143,9	
280	16,1	22,0	0,613	140,7	66,7	8,1	2,62	8,63	77,9	51,0	15,60	144,5	
300	16,3	22,5	0,588	140,9	66,8	8,0	2,47	8,24	77,5	51,0	15,72	144,3	
320	16,5	22,9	0,564	140,2	66,5	7,9	2,32	7,85	76,7	50,7	15,85	143,3	
340	16,6	23,3	0,543	138,7	65,8	7,7	2,18	7,46	75,5	50,2	15,98	141,7	
360	16,6	23,6	0,522	136,6	64,8	7,5	2,05	7,09	74,0	49,5	16,12	139,6	
<b>(Д) АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ</b>													
<b>Южная тайга (<i>P. sibirica</i>)</b>													
20	2,8	3,8	0,577	2,1	0,7	0,3	0,61	0,35	1,6	0,3	6,71	8,7	
40	7,1	9,9	0,570	23,7	8,2	1,9	1,83	1,72	11,8	2,9	5,15	19,8	
60	11,0	15,8	0,535	70,9	25,3	4,8	2,75	3,28	31,3	7,8	4,63	43,7	
80	14,3	20,9	0,499	132,5	48,0	7,8	3,31	4,56	55,9	13,7	4,38	73,9	
100	17,0	25,4	0,465	197,5	72,3	10,7	3,59	5,48	81,4	19,6	4,25	105,2	
120	19,2	29,2	0,435	259,0	95,5	13,1	3,69	6,08	105,3	25,0	4,17	134,4	
140	21,0	32,5	0,409	313,1	116,1	15,1	3,68	6,42	126,2	29,6	4,14	160,0	
160	22,4	35,4	0,385	358,5	133,5	16,5	3,59	6,57	143,7	33,5	4,12	181,2	
180	23,6	37,8	0,364	395,2	147,6	17,6	3,46	6,57	157,7	36,5	4,12	198,3	
200	24,6	39,9	0,345	423,5	158,6	18,3	3,31	6,48	168,4	38,8	4,13	211,3	
220	25,4	41,8	0,328	444,5	166,8	18,7	3,14	6,33	176,2	40,5	4,15	220,9	
240	26,0	43,4	0,313	459,0	172,5	18,9	2,97	6,12	181,6	41,7	4,17	227,4	
260	26,5	44,8	0,299	468,0	176,1	18,9	2,81	5,89	184,8	42,4	4,20	231,3	
280	26,9	46,0	0,286	472,5	177,9	18,8	2,64	5,65	186,2	42,7	4,23	233,1	

Возраст $A$ , лет	Средняя высота $H$ , м	Средний диаметр $D$ , см	Густота $N$ , тыс. экз./ га	Запас стволов $M$ , м <sup>3</sup> /га	Фитомасса $P$ , т/га									
					стволов $P_S$		хвои $P_F$	ветвей $P_B$	надземная $P_{abo}$	корней $P_R$	нижнего яруса $P_U$	всего $P_{tot}$		
					всего	коры $P_{SB}$								
							Южная тайга ( $P. sibirica$ )							
20	2,4	3,1	1,859	1,8	0,7	0,3	0,86	0,98	2,5	0,2	8,63	11,3		
40	6,2	8,2	1,840	21,0	8,3	2,0	2,60	4,80	15,7	1,7	6,62	24,0		
60	9,6	13,1	1,726	62,6	25,3	5,0	3,91	9,13	38,4	4,6	5,95	49,0		
80	12,4	17,3	1,608	117,0	48,1	8,2	4,70	12,70	65,5	8,1	5,63	79,3		
100	14,8	21,0	1,500	174,4	72,5	11,2	5,10	15,26	92,9	11,7	5,46	110,0		
120	16,7	24,2	1,404	228,6	95,8	13,8	5,24	16,92	118,0	14,9	5,37	138,2		
140	18,2	26,9	1,318	276,4	116,4	15,8	5,22	17,87	139,5	17,7	5,32	162,5		
160	19,5	29,2	1,243	316,6	133,9	17,3	5,10	18,28	157,3	19,9	5,30	182,5		
180	20,5	31,3	1,175	348,9	148,0	18,5	4,91	18,30	171,3	21,8	5,30	198,3		
200	21,4	33,0	1,114	373,9	159,1	19,2	4,69	18,05	181,8	23,1	5,31	210,3		
220	22,0	34,6	1,059	392,4	167,2	19,7	4,46	17,61	189,3	24,2	5,33	218,8		
240	22,6	35,9	1,009	405,2	173,0	19,9	4,22	17,05	194,2	24,8	5,36	224,4		
260	23,0	37,0	0,963	413,2	176,6	19,9	3,98	16,40	197,0	25,3	5,40	227,6		
280	23,4	38,0	0,922	417,1	178,4	19,7	3,75	15,72	197,9	25,5	5,44	228,8		
300	23,6	38,9	0,884	417,7	178,8	19,5	3,53	15,01	197,3	25,5	5,48	228,3		
320	23,8	39,7	0,848	415,5	177,9	19,1	3,32	14,29	195,5	25,3	5,53	226,4		
340	23,9	40,3	0,816	411,1	176,1	18,7	3,12	13,59	192,8	25,1	5,57	223,5		
360	24,0	40,9	0,785	405,0	173,5	18,2	2,93	12,90	189,3	24,7	5,62	219,7		

(I) ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ПРОВИНЦИЯ

Возраст $A$ , лет	Средняя высота $H$ , м	Средний диаметр $D$ , см	Густота $N$ , тыс. экз./ га	Запас стволов $M$ , м <sup>3</sup> /га	Фитомасса $P$ , т/га						нижнего яруса $P_U$	всего $P_{tot}$
					стволов $P_S$		хвои $P_F$	ветвей $P_B$	надземная $P_{abo}$	корней $P_R$		
					всего	коры $P_{SB}$						
<b>(Н) ДАЛЬНИЙ ВОСТОК</b>												
<b>Хвойно-широколиственные леса (<i>P. koraiensis</i>)</b>												
20	2,5	3,3	1,138	1,8	0,8	0,2	1,30	1,58	3,6	0,3	5,23	9,2
40	6,5	8,7	1,126	20,3	9,2	1,9	3,90	7,68	20,8	3,1	4,02	27,9
60	10,1	13,8	1,056	60,6	28,3	4,6	5,87	14,62	48,7	8,3	3,61	60,7
80	13,1	18,3	0,984	113,3	53,7	7,7	7,05	20,34	81,1	14,6	3,41	99,1
100	15,5	22,2	0,918	168,9	80,9	10,5	7,65	24,45	113,0	20,9	3,31	137,2
120	17,5	25,5	0,859	221,5	106,8	12,8	7,87	27,11	141,8	26,7	3,26	171,8
140	19,2	28,4	0,807	267,8	129,8	14,7	7,83	28,62	166,3	31,7	3,23	201,2
160	20,5	30,9	0,760	306,6	149,3	16,1	7,65	29,28	186,2	35,8	3,21	225,2
180	21,6	33,0	0,719	337,9	165,1	17,2	7,37	29,31	201,7	39,1	3,21	244,0
200	22,5	34,9	0,681	362,2	177,3	17,9	7,04	28,91	213,3	41,5	3,22	258,1
220	23,2	36,5	0,648	380,1	186,5	18,3	6,69	28,21	221,4	43,4	3,24	268,0
240	23,8	37,9	0,617	392,5	192,8	18,5	6,33	27,30	226,5	44,6	3,25	274,3
260	24,2	39,1	0,590	400,3	196,9	18,5	5,98	26,27	229,1	45,4	3,27	277,7
280	24,6	40,2	0,564	404,1	198,9	18,4	5,63	25,17	229,7	45,7	3,30	278,7
300	24,9	41,1	0,541	404,6	199,3	18,1	5,30	24,04	228,6	45,7	3,32	277,7
320	25,1	41,9	0,519	402,5	198,4	17,8	4,98	22,89	226,2	45,5	3,35	275,1
340	25,2	42,5	0,499	398,2	196,3	17,4	4,68	21,77	222,8	45,0	3,38	271,2
360	25,3	43,1	0,480	392,3	193,4	16,9	4,40	20,67	218,5	44,4	3,41	266,3
<b>СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ КИТАЙ</b>												
<b>Хвойно-широколиственные леса (<i>P. koraiensis</i>)</b>												
20	2,5	2,5	1,155	2,8	1,0	0,3	0,87	1,26	3,2	0,3	71,15	74,6
40	6,3	6,6	1,143	32,6	12,6	2,6	2,61	6,14	21,3	2,6	54,61	78,5
60	9,8	10,5	1,072	97,4	38,5	6,3	3,92	11,69	54,1	7,0	49,05	110,1

Возраст $A$ , лет	Средняя высота $H$ , м	Средний диаметр $D$ , см	Густота $N$ , тыс. экз./ га	Запас стволов $M$ , м <sup>3</sup> /га	Фитомасса $P_p$ , т/га									
					стволов $P_s$		хвои $P_f$	ветвей $P_b$	надземная $P_{abo}$	корней $P_R$	нижнего яруса $P_U$	всего $P_{tot}$		
					всего	коры $P_{sg}$								
80	12,8	14,0	0,999	182,1	73,1	10,4	4,71	16,26	94,1	12,2	46,42	152,7		
100	15,1	16,9	0,932	271,6	110,2	14,2	5,11	19,54	134,8	17,5	45,02	197,4		
120	17,1	19,5	0,872	356,0	145,5	17,5	5,26	21,66	172,4	22,4	44,26	239,1		
140	18,7	21,7	0,819	430,5	176,9	20,0	5,23	22,87	205,0	26,6	43,86	275,4		
160	20,0	23,6	0,772	492,9	203,4	22,0	5,11	23,40	231,9	30,0	43,70	305,6		
180	21,1	25,2	0,730	543,3	224,9	23,4	4,92	23,43	253,2	32,7	43,70	329,6		
200	21,9	26,7	0,692	582,3	241,6	24,4	4,71	23,10	269,4	34,8	43,80	348,0		
220	22,6	27,9	0,658	611,1	254,0	24,9	4,47	22,54	281,0	36,3	43,99	361,3		
240	23,2	29,0	0,627	631,0	262,7	25,2	4,23	21,82	288,8	37,4	44,23	370,4		
260	23,6	29,9	0,599	643,5	268,2	25,2	3,99	21,00	293,2	38,0	44,52	375,7		
280	24,0	30,7	0,573	649,6	271,0	25,0	3,76	20,12	294,8	38,3	44,84	378,0		
300	24,2	31,4	0,549	650,4	271,5	24,7	3,54	19,21	294,3	38,3	45,19	377,8		
320	24,4	32,0	0,527	647,1	270,2	24,2	3,33	18,30	291,9	38,1	45,56	375,5		
340	24,6	32,5	0,507	640,2	267,5	23,7	3,13	17,40	288,0	37,7	45,95	371,7		
360	24,7	33,0	0,488	630,6	263,5	23,1	2,94	16,52	283,0	37,2	46,36	366,5		
<b>ЮЖНАЯ КОРЕЯ</b>														
<b>Широколиственные леса (<i>P. koraiensis</i>)</b>														
20	3,6	6,8	0,451	9,1	3,5	0,5	2,86	3,51	9,9	0,9	48,79	59,6		
40	9,3	17,8	0,446	105,2	42,9	4,2	8,60	17,09	68,6	8,6	37,44	114,7		
60	14,5	28,3	0,419	314,0	131,5	10,3	12,93	32,54	177,0	23,2	33,63	233,9		
80	18,8	37,5	0,390	587,0	249,8	17,0	15,54	45,27	310,6	40,9	31,83	383,3		
100	22,3	45,5	0,364	875,3	376,4	23,2	16,86	54,40	447,7	58,6	30,87	537,2		
120	25,2	52,4	0,340	1147,5	497,2	28,5	17,33	60,32	574,8	74,8	30,35	680,0		

Возрастная динамика фитомассы и ЧПП березняков по зональным поясам с учетом степени континентальности климата Евразии

А, лет	Номер пояса	Индекс континентальности	Запас М, м <sup>3</sup> /га	Фракции фитомассы										Фракции прироста									
				Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
10	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
		55	15,32	7,95	1,99	0,96	10,90	1,73	12,63	0,49	1,10	0,65	0,90	2,65	0,18	2,83	0,09						
		65	13,77	7,16	1,86	1,11	10,14	1,95	12,08	0,48	1,00	0,43	1,04	2,46	0,23	2,69	0,11						
		75	12,57	6,55	1,76	1,27	9,57	2,16	11,73	0,47	0,92	0,30	1,18	2,39	0,28	2,68	0,14						
		85	11,61	6,05	1,67	1,42	9,14	2,36	11,50	0,46	0,86	0,21	1,31	2,38	0,34	2,72	0,17						
20	1	95	10,82	5,64	1,60	1,57	8,81	2,56	11,36	0,45	0,80	0,16	1,44	2,41	0,40	2,81	0,20						
		55	33,89	18,07	3,92	1,23	23,22	3,59	26,81	0,75	1,29	0,68	1,11	3,08	0,21	3,30	0,08						
		65	30,48	16,27	3,67	1,43	21,37	4,04	25,41	0,73	1,18	0,44	1,28	2,90	0,27	3,17	0,10						
		75	27,82	14,87	3,46	1,63	19,96	4,48	24,44	0,72	1,08	0,31	1,45	2,84	0,34	3,18	0,12						
		85	25,69	13,75	3,29	1,82	18,86	4,90	23,76	0,70	1,01	0,22	1,62	2,85	0,40	3,25	0,15						
40	1	95	23,94	12,82	3,15	2,01	17,98	5,30	23,29	0,69	0,95	0,17	1,78	2,89	0,47	3,37	0,18						
		55	64,53	34,24	7,02	1,48	42,75	5,94	48,69	1,11	1,29	0,64	1,29	3,23	0,20	3,43	0,08						
		65	58,02	30,83	6,57	1,72	39,13	6,69	45,82	1,08	1,18	0,42	1,49	3,09	0,26	3,34	0,11						
		75	52,97	28,19	6,20	1,96	36,35	7,41	43,76	1,06	1,09	0,29	1,68	3,06	0,32	3,38	0,14						
		85	48,92	26,06	5,90	2,19	34,15	8,11	42,26	1,04	1,01	0,21	1,87	3,10	0,38	3,48	0,17						
60	1	95	45,57	24,30	5,64	2,43	32,37	8,78	41,14	1,03	0,95	0,16	2,06	3,17	0,45	3,62	0,20						
		55	87,70	45,76	9,45	1,60	56,82	7,18	64,00	1,37	1,20	0,60	1,36	3,17	0,18	3,34	0,10						
		65	78,86	41,21	8,84	1,86	51,91	8,10	60,01	1,34	1,09	0,39	1,58	3,06	0,23	3,29	0,13						
		75	72,00	37,67	8,34	2,12	48,14	8,97	57,10	1,32	1,01	0,27	1,78	3,06	0,28	3,34	0,17						
		85	66,48	34,83	7,93	2,37	45,13	9,81	54,94	1,29	0,94	0,20	1,98	3,12	0,34	3,46	0,20						
95	61,94	32,48	7,59	2,62	42,69	10,62	53,31	1,27	0,88	0,15	2,18	3,21	0,40	3,61	0,24								

Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
80		55	105,7	54,14	11,44	1,67	67,25	7,85	75,10	1,59	1,10	0,56	1,40	3,06	0,16	3,22	0,12
		65	95,02	48,75	10,70	1,94	61,39	8,84	70,24	1,55	1,00	0,37	1,62	2,99	0,20	3,19	0,16
		75	86,75	44,57	10,10	2,21	56,88	9,80	66,67	1,52	0,92	0,25	1,83	3,01	0,25	3,25	0,20
		85	80,11	41,21	9,60	2,48	53,28	10,71	63,99	1,50	0,86	0,18	2,04	3,08	0,29	3,38	0,24
		95	74,64	38,43	9,18	2,74	50,35	11,60	61,94	1,48	0,81	0,14	2,24	3,19	0,35	3,54	0,29
100		55	120,0	60,37	13,11	1,72	75,20	8,18	83,38	1,77	1,01	0,53	1,42	2,96	0,14	3,09	0,14
		65	107,9	54,37	12,26	1,99	68,62	9,22	77,84	1,73	0,92	0,34	1,64	2,90	0,17	3,08	0,19
		75	98,48	49,70	11,58	2,27	63,54	10,21	73,76	1,70	0,85	0,24	1,86	2,94	0,22	3,16	0,24
		85	90,94	45,95	11,01	2,54	59,49	11,17	70,66	1,67	0,79	0,17	2,07	3,03	0,26	3,29	0,29
		95	84,72	42,85	10,53	2,81	56,18	12,09	68,28	1,65	0,74	0,13	2,27	3,14	0,30	3,45	0,34
10		55	46,14	23,57	4,00	1,55	29,12	5,04	34,16	1,07	3,88	2,69	1,54	8,10	0,58	8,69	0,37
		65	41,49	21,23	3,74	1,80	26,76	5,67	32,44	1,05	3,53	1,75	1,77	7,06	0,74	7,80	0,48
		75	37,87	19,41	3,53	2,04	24,98	6,29	31,27	1,03	3,25	1,22	2,01	6,48	0,92	7,39	0,60
		85	34,98	17,94	3,36	2,29	23,59	6,87	30,46	1,01	3,03	0,88	2,23	6,15	1,10	7,25	0,73
		95	32,59	16,73	3,21	2,53	22,47	7,44	29,91	1,00	2,85	0,66	2,46	5,97	1,30	7,26	0,86
20	2	55	102,1	53,56	7,88	1,99	63,42	10,45	73,87	1,64	4,57	2,79	1,89	9,26	0,69	9,95	0,32
		65	91,81	48,23	7,36	2,31	57,91	11,77	69,68	1,61	4,16	1,82	2,19	8,17	0,88	9,05	0,42
		75	83,82	44,09	6,95	2,63	53,67	13,04	66,71	1,58	3,84	1,26	2,47	7,57	1,08	8,65	0,52
		85	77,41	40,76	6,61	2,94	50,32	14,26	64,57	1,55	3,57	0,92	2,75	7,24	1,30	8,54	0,63
		95	72,12	38,02	6,32	3,25	47,59	15,44	63,03	1,52	3,36	0,69	3,03	7,07	1,53	8,60	0,75
40		55	194,4	101,5	14,10	2,39	118,0	17,29	135,3	2,44	4,58	2,65	2,20	9,43	0,66	10,08	0,36
		65	174,8	91,42	13,19	2,78	107,4	19,49	126,9	2,38	4,17	1,73	2,53	8,43	0,84	9,27	0,47
		75	159,6	83,57	12,45	3,16	99,19	21,59	120,8	2,34	3,84	1,20	2,87	7,91	1,03	8,94	0,58
		85	147,4	77,26	11,84	3,54	92,65	23,60	116,3	2,30	3,58	0,87	3,19	7,64	1,24	8,88	0,71
		95	137,3	72,06	11,32	3,91	87,29	25,56	112,9	2,26	3,36	0,66	3,51	7,53	1,46	8,98	0,84

Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
60		55	264,2	135,7	18,98	2,59	157,2	20,92	178,2	3,02	4,25	2,47	2,32	9,05	0,58	9,62	0,43
		65	237,6	122,2	17,74	3,01	142,9	23,57	166,5	2,96	3,86	1,61	2,68	8,16	0,74	8,90	0,56
		75	216,9	111,7	16,75	3,42	131,9	26,11	158,0	2,90	3,56	1,12	3,03	7,72	0,91	8,62	0,70
		85	200,3	103,3	15,93	3,83	123,0	28,56	151,6	2,85	3,32	0,81	3,38	7,51	1,09	8,60	0,85
		95	186,6	96,3	15,23	4,23	115,8	30,92	146,7	2,81	3,12	0,61	3,72	7,44	1,28	8,72	1,01
80		55	318,4	160,5	22,97	2,70	186,2	22,85	209,0	3,50	3,89	2,31	2,39	8,59	0,50	9,10	0,52
		65	286,3	144,6	21,48	3,14	169,2	25,75	194,9	3,42	3,54	1,51	2,76	7,81	0,64	8,45	0,67
		75	261,3	132,1	20,27	3,57	156,0	28,52	184,5	3,35	3,26	1,05	3,12	7,43	0,79	8,22	0,84
		85	241,3	122,2	19,28	4,00	145,4	31,19	176,6	3,30	3,04	0,76	3,47	7,27	0,95	8,22	1,02
		95	224,8	113,9	18,44	4,42	136,8	33,77	170,6	3,25	2,85	0,57	3,82	7,25	1,12	8,37	1,21
100		55	361,4	179,0	26,33	2,77	208,1	23,83	231,9	3,91	3,57	2,17	2,42	8,16	0,44	8,60	0,61
		65	325,0	161,2	24,62	3,22	189,0	26,85	215,9	3,82	3,24	1,42	2,80	7,46	0,56	8,02	0,80
		75	296,7	147,4	23,24	3,66	174,3	29,74	204,0	3,74	2,99	0,98	3,16	7,14	0,69	7,83	1,00
		85	274,0	136,2	22,10	4,10	162,4	32,52	194,9	3,68	2,79	0,71	3,52	7,02	0,83	7,86	1,21
		95	255,2	127,0	21,14	4,53	152,7	35,21	187,9	3,62	2,62	0,54	3,87	7,03	0,98	8,01	1,44
10		55	46,0	23,51	3,99	1,54	29,04	6,03	35,08	1,48	4,56	2,69	1,60	8,85	0,76	9,61	0,61
		65	41,36	21,17	3,73	1,79	26,69	6,80	33,49	1,45	4,15	1,75	1,85	7,75	0,97	8,72	0,79
		75	37,76	19,35	3,52	2,04	24,92	7,53	32,45	1,42	3,82	1,22	2,09	7,13	1,19	8,33	0,99
		85	34,87	17,89	3,35	2,28	23,52	8,24	31,76	1,39	3,56	0,88	2,33	6,78	1,43	8,21	1,20
		95	32,49	16,69	3,20	2,52	22,41	8,92	31,33	1,37	3,35	0,66	2,56	6,57	1,69	8,26	1,43
20	3	55	101,8	53,41	7,86	1,99	63,25	12,52	75,77	2,27	5,38	2,79	1,98	10,14	0,89	11,04	0,53
		65	91,54	48,09	7,35	2,31	57,75	14,10	71,85	2,22	4,89	1,82	2,28	8,99	1,14	10,14	0,69
		75	83,58	43,97	6,94	2,62	53,53	15,62	69,15	2,17	4,51	1,26	2,58	8,35	1,41	9,76	0,86
		85	77,18	40,65	6,60	2,94	50,18	17,08	67,26	2,14	4,20	0,92	2,87	7,99	1,69	9,68	1,05
		95	71,90	37,91	6,31	3,25	47,46	18,50	65,96	2,10	3,95	0,69	3,16	7,80	1,99	9,79	1,25

Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
40		55	193,8	101,2	14,08	2,39	117,7	20,72	138,4	3,36	5,38	2,65	2,29	10,33	0,85	11,18	0,59
		65	174,3	91,15	13,16	2,78	107,1	23,35	130,4	3,29	4,90	1,73	2,65	9,27	1,09	10,36	0,77
		75	159,1	83,33	12,43	3,16	98,92	25,86	124,8	3,22	4,52	1,20	2,99	8,71	1,34	10,05	0,96
		85	146,9	77,04	11,82	3,54	92,39	28,28	120,7	3,17	4,21	0,87	3,33	8,41	1,61	10,02	1,17
		95	136,9	71,85	11,30	3,91	87,06	30,62	117,7	3,12	3,95	0,66	3,66	8,27	1,89	10,16	1,40
60		55	263,4	135,3	18,94	2,59	156,8	25,07	181,9	4,17	4,99	2,47	2,43	9,89	0,75	10,64	0,71
		65	236,9	121,8	17,71	3,01	142,5	28,24	170,8	4,08	4,54	1,61	2,80	8,96	0,96	9,91	0,93
		75	216,3	111,4	16,72	3,42	131,5	31,29	162,8	4,00	4,19	1,12	3,17	8,47	1,18	9,65	1,16
		85	199,7	103,0	15,90	3,83	122,7	34,21	156,9	3,93	3,90	0,81	3,53	8,24	1,42	9,66	1,41
		95	186,1	96,0	15,20	4,23	115,5	37,04	152,5	3,87	3,66	0,61	3,88	8,15	1,67	9,82	1,68
80		55	317,4	160,0	22,93	2,70	185,7	27,38	213,1	4,83	4,58	2,31	2,49	9,38	0,65	10,03	0,86
		65	285,4	144,1	21,44	3,14	168,7	30,85	199,6	4,72	4,16	1,51	2,88	8,55	0,84	9,38	1,11
		75	260,6	131,8	20,24	3,57	155,6	34,17	189,7	4,63	3,84	1,04	3,26	8,14	1,03	9,17	1,39
		85	240,6	121,8	19,24	3,99	145,0	37,37	182,4	4,55	3,58	0,76	3,63	7,96	1,24	9,20	1,69
		95	224,2	113,6	18,40	4,41	136,4	40,46	176,9	4,48	3,36	0,57	3,99	7,92	1,45	9,37	2,01
100		55	360,3	178,5	26,28	2,77	207,5	28,55	236,1	5,39	4,19	2,17	2,53	8,89	0,57	9,47	1,01
		65	324,0	160,7	24,58	3,21	188,5	32,17	220,7	5,27	3,81	1,41	2,92	8,15	0,73	8,88	1,32
		75	295,8	146,9	23,20	3,66	173,8	35,63	209,4	5,16	3,52	0,98	3,30	7,80	0,90	8,70	1,65
		85	273,2	135,8	22,06	4,09	162,0	38,96	201,0	5,08	3,28	0,71	3,68	7,67	1,09	8,75	2,01
		95	254,5	126,7	21,10	4,52	152,3	42,19	194,5	5,00	3,08	0,54	4,04	7,66	1,28	8,93	2,39
10	4	55	34,35	17,62	3,32	1,36	22,30	5,62	27,92	1,75	3,95	1,85	1,47	7,27	0,76	8,03	0,75
		65	30,88	15,87	3,10	1,58	20,55	6,33	26,89	1,71	3,59	1,21	1,69	6,49	0,96	7,46	0,97
		75	28,20	14,51	2,93	1,80	19,24	7,02	26,25	1,67	3,31	0,84	1,91	6,07	1,19	7,25	1,22
		85	26,04	13,41	2,78	2,01	18,21	7,67	25,88	1,65	3,09	0,61	2,13	5,83	1,43	7,25	1,48
		95	24,26	12,51	2,66	2,22	17,40	8,31	25,70	1,62	2,90	0,46	2,34	5,70	1,68	7,38	1,76

Продолжение приложения 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20		55	76,01	40,04	6,54	1,75	48,33	11,66	59,99	2,68	4,66	1,92	1,81	8,39	0,89	9,28	0,65
		65	68,35	36,06	6,11	2,03	44,20	13,14	57,34	2,62	4,24	1,25	2,09	7,58	1,14	8,72	0,85
		75	62,40	32,97	5,77	2,31	41,05	14,55	55,60	2,57	3,91	0,87	2,36	7,14	1,40	8,54	1,06
		85	57,62	30,48	5,49	2,59	38,55	15,92	54,46	2,52	3,64	0,63	2,63	6,90	1,69	8,58	1,29
		95	53,69	28,42	5,25	2,86	36,53	17,23	53,76	2,48	3,42	0,48	2,89	6,78	1,98	8,77	1,53
40		55	144,7	75,90	11,70	2,11	89,71	19,31	109,0	3,97	4,66	1,83	2,10	8,59	0,85	9,44	0,73
		65	130,1	68,35	10,94	2,45	81,74	21,75	103,5	3,88	4,24	1,19	2,42	7,85	1,08	8,94	0,95
		75	118,8	62,48	10,33	2,78	75,60	24,10	99,69	3,80	3,91	0,83	2,73	7,47	1,34	8,81	1,19
		85	109,7	57,76	9,82	3,12	70,70	26,35	97,05	3,74	3,64	0,60	3,04	7,29	1,60	8,89	1,44
		95	102,2	53,87	9,39	3,44	66,71	28,53	95,24	3,68	3,42	0,45	3,35	7,22	1,89	9,11	1,72
60		55	196,7	101,4	15,75	2,28	119,5	23,35	142,8	4,92	4,33	1,70	2,22	8,25	0,75	9,00	0,88
		65	176,9	91,34	14,72	2,65	108,7	26,32	135,0	4,81	3,94	1,11	2,56	7,61	0,95	8,56	1,14
		75	161,5	83,50	13,90	3,01	100,4	29,15	129,6	4,72	3,63	0,77	2,90	7,29	1,18	8,47	1,42
		85	149,1	77,20	13,22	3,37	93,79	31,88	125,7	4,64	3,38	0,56	3,22	7,16	1,41	8,58	1,73
		95	138,9	72,00	12,64	3,72	88,36	34,51	122,9	4,57	3,17	0,42	3,55	7,14	1,66	8,80	2,06
80		55	237,0	120,0	19,06	2,38	141,4	25,51	167,0	5,70	3,96	1,59	2,28	7,84	0,65	8,49	1,05
		65	213,1	108,1	17,82	2,76	128,7	28,74	157,4	5,57	3,61	1,04	2,63	7,28	0,83	8,11	1,37
		75	194,6	98,79	16,82	3,14	118,8	31,84	150,6	5,46	3,32	0,72	2,98	7,02	1,03	8,05	1,71
		85	179,7	91,34	16,00	3,52	110,8	34,82	145,7	5,37	3,10	0,52	3,31	6,93	1,23	8,17	2,08
		95	167,4	85,18	15,30	3,89	104,4	37,70	142,1	5,29	2,91	0,39	3,65	6,95	1,45	8,40	2,47
100		55	269,0	133,8	21,85	2,44	158,1	26,60	184,7	6,36	3,63	1,50	2,31	7,44	0,57	8,01	1,25
		65	241,9	120,5	20,43	2,83	143,8	29,97	173,7	6,22	3,30	0,98	2,67	6,95	0,73	7,68	1,62
		75	220,9	110,2	19,29	3,22	132,7	33,20	165,9	6,09	3,05	0,68	3,02	6,74	0,90	7,64	2,03
		85	203,9	101,8	18,34	3,60	123,8	36,30	160,1	5,99	2,84	0,49	3,36	6,69	1,08	7,77	2,47
		95	190,0	94,98	17,54	3,98	116,5	39,31	155,8	5,90	2,66	0,37	3,70	6,73	1,27	8,00	2,94

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10		55	23,20	11,97	2,59	1,15	15,71	4,75	20,46	1,92	3,05	1,12	1,28	5,45	0,68	6,13	0,81
		65	20,86	10,78	2,42	1,33	14,53	5,35	19,89	1,87	2,77	0,73	1,47	4,98	0,86	5,84	1,05
		75	19,04	9,86	2,29	1,52	13,66	5,93	19,58	1,84	2,56	0,51	1,67	4,73	1,06	5,80	1,31
		85	17,58	9,11	2,17	1,70	12,98	6,48	19,46	1,81	2,38	0,37	1,86	4,61	1,28	5,88	1,59
		95	16,38	8,50	2,08	1,88	12,45	7,02	19,47	1,78	2,24	0,28	2,04	4,56	1,50	6,06	1,90
20		55	51,34	27,20	5,10	1,47	33,77	9,85	43,62	2,94	3,60	1,17	1,57	6,34	0,80	7,13	0,70
		65	46,16	24,49	4,77	1,71	30,98	11,10	42,08	2,87	3,27	0,76	1,82	5,85	1,02	6,87	0,91
		75	42,14	22,39	4,50	1,95	28,84	12,30	41,14	2,81	3,02	0,53	2,06	5,60	1,26	6,85	1,14
		85	38,92	20,70	4,28	2,18	27,16	13,45	40,61	2,77	2,81	0,38	2,29	5,48	1,51	6,99	1,39
		95	36,26	19,31	4,09	2,41	25,81	14,56	40,37	2,72	2,64	0,29	2,52	5,44	1,77	7,22	1,65
40		55	97,74	51,55	9,13	1,78	62,46	16,31	78,77	4,36	3,60	1,11	1,82	6,53	0,76	7,29	0,79
		65	87,88	46,42	8,54	2,06	57,03	18,38	75,41	4,26	3,27	0,72	2,11	6,10	0,97	7,07	1,02
		75	80,23	42,44	8,06	2,35	52,85	20,36	73,20	4,17	3,02	0,50	2,38	5,90	1,20	7,10	1,28
		85	74,09	39,24	7,67	2,63	49,53	22,26	71,79	4,10	2,81	0,36	2,65	5,83	1,44	7,26	1,55
		95	69,03	36,59	7,33	2,90	46,83	24,10	70,93	4,04	2,64	0,27	2,92	5,83	1,69	7,52	1,85
60	5	55	132,8	68,90	12,29	1,92	83,10	19,73	102,8	5,40	3,34	1,03	1,93	6,30	0,67	6,97	0,94
		65	119,4	62,04	11,49	2,23	75,77	22,23	98,00	5,28	3,04	0,67	2,23	5,94	0,85	6,79	1,23
		75	109,0	56,72	10,85	2,54	70,10	24,63	94,73	5,18	2,80	0,47	2,52	5,79	1,05	6,84	1,53
		85	100,7	52,44	10,31	2,84	65,59	26,93	92,52	5,09	2,61	0,34	2,81	5,76	1,26	7,02	1,87
		95	93,8	48,90	9,86	3,14	61,91	29,16	91,06	5,01	2,45	0,26	3,09	5,79	1,49	7,28	2,22
80		55	160,1	81,51	14,87	2,00	98,39	21,55	119,9	6,25	3,06	0,97	1,99	6,01	0,58	6,59	1,13
		65	143,9	73,40	13,91	2,33	89,64	24,28	113,9	6,11	2,78	0,63	2,29	5,71	0,75	6,45	1,47
		75	131,4	67,10	13,13	2,65	82,88	26,90	109,8	5,99	2,57	0,44	2,59	5,59	0,92	6,51	1,84
		85	121,3	62,04	12,48	2,96	77,49	29,42	106,9	5,89	2,39	0,32	2,89	5,59	1,10	6,70	2,24
		95	113,0	57,86	11,94	3,28	73,07	31,85	104,9	5,80	2,24	0,24	3,18	5,66	1,30	6,96	2,66
100		55	181,7	90,89	17,05	2,05	110,0	22,47	132,5	6,98	2,80	0,91	2,01	5,72	0,51	6,24	1,34
		65	163,4	81,85	15,94	2,39	100,2	25,32	125,5	6,82	2,55	0,59	2,32	5,47	0,65	6,12	1,74
		75	149,2	74,83	15,05	2,72	92,59	28,05	120,6	6,69	2,35	0,41	2,63	5,39	0,81	6,20	2,18
		85	137,7	69,18	14,31	3,04	86,53	30,67	117,2	6,57	2,19	0,30	2,93	5,42	0,97	6,38	2,66
		95	128,3	64,52	13,69	3,36	81,56	33,21	114,8	6,47	2,06	0,22	3,22	5,50	1,14	6,64	3,16

Возрастная динамика фитомассы и ЧПП осинников по зональным поясам с учетом степени континентальности климата Евразии

А, лет	Номер пояса	Индекс континентальности	N	Запас М, м <sup>3</sup> /га	Фракции фитомассы										Фракции прироста									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19						
10		55	1,974	616,8	208,2	8,65	2,14	219,0	28,28	247,3	0,19	21,31	5,50	1,77	28,58	5,89	34,48	0,11						
		65	3,492	289,1	103,1	7,05	2,64	112,8	27,42	140,2	0,46	12,33	3,08	2,36	17,77	5,71	23,48	0,23						
		75	5,692	151,1	56,49	5,92	2,89	65,3	22,42	87,7	0,92	7,72	1,87	2,75	12,34	4,68	17,02	0,40						
		85	8,728	85,6	33,37	5,08	2,93	41,4	16,47	57,8	1,58	5,12	1,21	2,94	9,28	3,44	12,72	0,63						
		95	12,76	51,7	20,90	4,44	2,80	28,1	11,29	39,4	2,44	3,56	0,82	2,97	7,35	2,37	9,71	0,90						
20		55	0,793	1127,9	414,8	14,28	1,53	430,6	27,00	457,6	0,13	24,19	5,01	1,25	30,45	3,11	33,56	0,09						
		65	1,402	528,7	205,4	11,64	2,13	219,2	32,32	251,5	0,38	14,00	2,81	1,86	18,67	3,72	22,39	0,20						
		75	2,286	276,3	112,5	9,78	2,59	124,9	31,64	156,5	0,85	8,76	1,71	2,41	12,88	3,64	16,52	0,40						
		85	3,505	156,6	66,47	8,39	2,87	77,7	27,21	104,9	1,64	5,81	1,10	2,82	9,74	3,14	12,87	0,69						
		95	5,124	94,6	41,64	7,32	2,97	51,9	21,45	73,4	2,81	4,04	0,75	3,07	7,86	2,48	10,34	1,07						
40		55	0,318	1781,6	674,2	21,55	1,20	696,9	21,26	718,2	0,10	22,27	4,16	0,95	27,38	1,36	28,74	0,07						
		65	0,563	835,1	333,9	17,57	1,85	353,3	30,34	383,7	0,33	12,89	2,33	1,59	16,80	1,93	18,73	0,20						
		75	0,918	436,4	182,9	14,75	2,46	200,1	34,55	234,7	0,85	8,07	1,42	2,24	11,72	2,20	13,92	0,43						
		85	1,408	247,4	108,0	12,66	2,95	123,7	33,91	157,6	1,83	5,35	0,92	2,83	9,10	2,16	11,26	0,80						
		95	2,058	149,4	67,68	11,05	3,29	82,0	30,07	112,1	3,48	3,72	0,62	3,31	7,66	1,92	9,57	1,36						
60		55	0,187	2174,8	815,1	26,29	1,09	842,5	17,33	859,8	0,09	19,26	3,57	0,86	23,69	0,78	24,47	0,07						
		65	0,330	1019,4	403,7	21,44	1,78	426,9	27,00	453,9	0,31	11,15	2,00	1,51	14,65	1,22	15,87	0,19						
		75	0,538	532,7	221,1	18,00	2,49	241,6	33,13	274,8	0,87	6,98	1,21	2,23	10,42	1,49	11,91	0,45						
		85	0,825	301,9	130,6	15,45	3,11	149,2	34,72	183,9	2,02	4,63	0,79	2,94	8,36	1,56	9,92	0,90						
		95	1,207	182,3	81,83	13,49	3,59	98,9	32,62	131,5	4,06	3,22	0,53	3,57	7,32	1,47	8,79	1,61						
80		55	0,128	2430,3	894,1	29,72	1,05	924,9	14,67	939,5	0,08	16,64	3,14	0,82	20,59	0,52	21,11	0,07						
		65	0,226	1139,2	442,8	24,23	1,78	468,8	24,15	493,0	0,31	9,63	1,76	1,49	12,87	0,85	13,72	0,20						

Продолжение приложения б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		75	0,369	595,3	242,6	20,35	2,56	265,5	31,06	296,5	0,91	6,03	1,07	2,27	9,36	1,10	10,46	0,48
		85	0,565	337,4	143,3	17,46	3,28	164,0	33,91	197,9	2,20	4,00	0,69	3,07	7,76	1,19	8,96	1,00
		95	0,826	203,7	89,75	15,25	3,88	108,9	33,05	141,9	4,61	2,78	0,47	3,82	7,06	1,16	8,23	1,83
100		55	0,095	2603,3	937,7	32,33	1,03	971,0	12,76	983,8	0,08	14,49	2,81	0,80	18,10	0,37	18,47	0,06
		65	0,169	1220,3	464,4	26,37	1,80	492,6	21,82	514,4	0,31	8,38	1,57	1,49	11,45	0,64	12,09	0,20
		75	0,275	637,6	254,4	22,14	2,64	279,2	29,01	308,2	0,94	5,25	0,96	2,33	8,53	0,85	9,38	0,50
		85	0,421	361,4	150,3	19,00	3,46	172,7	32,60	205,3	2,36	3,48	0,62	3,21	7,32	0,95	8,27	1,08
		95	0,616	218,2	94,13	16,59	4,17	114,9	32,60	147,5	5,13	2,42	0,42	4,06	6,90	0,95	7,85	2,04
10		55	1,693	421,8	155,2	10,00	2,64	167,8	32,32	200,1	0,32	17,96	6,22	2,22	26,40	6,35	32,75	0,17
		65	2,995	197,7	76,84	8,15	3,17	88,2	29,03	117,2	0,80	10,39	3,48	2,87	16,74	5,71	22,45	0,35
		75	4,882	103,3	42,09	6,85	3,39	52,3	22,23	74,6	1,63	6,50	2,12	3,27	11,89	4,38	16,27	0,63
		85	7,486	58,6	24,87	5,88	3,36	34,1	15,42	49,5	2,86	4,32	1,37	3,43	9,12	3,04	12,16	1,01
		95	10,95	35,4	15,58	5,13	3,15	23,9	10,04	33,9	4,51	3,00	0,93	3,40	7,33	1,99	9,31	1,47
		55	0,680	771,4	309,1	16,51	1,91	327,5	32,50	360,0	0,22	20,39	5,66	1,58	27,63	3,53	31,16	0,13
20		65	1,203	361,6	153,1	13,47	2,59	169,1	36,02	205,2	0,63	11,80	3,17	2,30	17,27	3,91	21,18	0,31
	3	75	1,961	189,0	83,86	11,31	3,08	98,2	33,03	131,3	1,45	7,38	1,93	2,90	12,22	3,59	15,80	0,61
		85	3,006	107,1	49,54	9,70	3,33	62,6	26,82	89,4	2,86	4,90	1,25	3,33	9,48	2,92	12,40	1,07
		95	4,395	64,7	31,03	8,47	3,40	42,9	20,09	63,0	4,98	3,40	0,85	3,57	7,82	2,19	10,01	1,70
		55	0,273	1218,5	502,4	24,92	1,50	528,8	26,48	555,3	0,16	18,77	4,70	1,22	24,69	1,59	26,28	0,10
		65	0,483	571,2	248,8	20,32	2,27	271,4	35,01	306,4	0,53	10,86	2,63	1,97	15,46	2,10	17,57	0,28
40		75	0,787	298,5	136,3	17,06	2,94	156,3	37,33	193,6	1,39	6,80	1,60	2,72	11,12	2,24	13,36	0,63
		85	1,207	169,2	80,52	14,64	3,46	98,6	34,59	133,2	3,06	4,51	1,04	3,37	8,92	2,08	11,00	1,21
		95	1,765	102,2	50,43	12,78	3,78	67,0	29,15	96,1	5,91	3,14	0,70	3,87	7,71	1,75	9,46	2,08

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
60		55	0,160	1487,4	607,4	30,41	1,37	639,2	21,86	661,1	0,13	16,23	4,03	1,10	21,36	0,93	22,30	0,09
		65	0,283	697,2	300,8	24,80	2,18	327,8	31,54	359,4	0,49	9,39	2,26	1,87	13,52	1,34	14,86	0,28
		75	0,462	364,3	164,8	20,82	2,97	188,6	36,24	224,8	1,40	5,88	1,37	2,71	9,96	1,54	11,50	0,66
		85	0,708	206,5	97,35	17,87	3,64	118,9	35,85	154,7	3,29	3,90	0,89	3,50	8,29	1,52	9,81	1,34
		95	1,035	124,7	60,98	15,60	4,13	80,7	32,02	112,7	6,74	2,71	0,60	4,16	7,48	1,36	8,84	2,41
80		55	0,110	1662,1	666,3	34,37	1,32	702,0	18,60	720,6	0,12	14,02	3,55	1,04	18,61	0,62	19,23	0,09
		65	0,194	779,1	330,0	28,03	2,17	360,2	28,35	388,5	0,47	8,11	1,99	1,84	11,94	0,94	12,89	0,28
		75	0,316	407,1	180,8	23,53	3,05	207,3	34,14	241,5	1,42	5,08	1,21	2,75	9,04	1,14	10,17	0,69
		85	0,485	230,8	106,8	20,20	3,84	130,8	35,20	166,0	3,52	3,37	0,78	3,65	7,80	1,17	8,97	1,45
		95	0,709	139,3	66,9	17,63	4,46	89,0	32,60	121,6	7,52	2,34	0,53	4,45	7,32	1,08	8,41	2,71
100		55	0,082	1780,5	698,7	37,39	1,29	737,4	16,20	753,6	0,11	12,21	3,18	1,02	16,40	0,45	16,85	0,09
		65	0,145	834,6	346,1	30,49	2,19	378,8	25,67	404,4	0,47	7,07	1,78	1,85	10,69	0,71	11,40	0,28
		75	0,236	436,1	189,6	25,60	3,15	218,3	31,95	250,3	1,46	4,42	1,08	2,82	8,32	0,88	9,20	0,72
		85	0,361	247,2	112,0	21,97	4,04	138,0	33,90	171,9	3,74	2,94	0,70	3,81	7,45	0,93	8,38	1,55
		95	0,528	149,3	70,14	19,18	4,78	94,1	32,22	126,3	8,25	2,04	0,48	4,73	7,24	0,89	8,13	2,99
10		55	1,518	322,2	121,6	10,18	3,02	134,8	34,53	169,4	0,47	15,04	5,54	2,50	23,08	6,79	29,87	0,23
		65	2,686	151,0	60,24	8,31	3,56	72,1	29,37	101,5	1,19	8,70	3,10	3,17	14,98	5,78	20,76	0,49
		75	4,378	78,9	33,00	6,97	3,74	43,7	21,46	65,2	2,45	5,45	1,89	3,56	10,89	4,23	15,12	0,90
		85	6,714	44,7	19,49	5,98	3,65	29,1	14,29	43,4	4,35	3,62	1,22	3,68	8,52	2,83	11,34	1,44
		95	9,816	27,0	12,21	5,22	3,39	20,8	8,98	29,8	6,93	2,51	0,83	3,60	6,94	1,78	8,72	2,11
20	4	55	0,610	589,2	242,3	16,82	2,21	261,3	36,01	297,3	0,30	17,08	5,05	1,80	23,92	3,92	27,84	0,17
		65	1,079	276,2	120,0	13,72	2,94	136,7	37,80	174,5	0,90	9,88	2,82	2,57	15,27	4,11	19,38	0,42
		75	1,758	144,3	65,74	11,52	3,43	80,7	33,08	113,8	2,11	6,18	1,72	3,19	11,09	3,60	14,69	0,85
		85	2,696	81,8	38,83	9,88	3,66	52,4	25,79	78,2	4,21	4,11	1,11	3,60	8,82	2,81	11,63	1,49
		95	3,942	49,4	24,32	8,63	3,68	36,6	18,63	55,3	7,44	2,85	0,76	3,81	7,42	2,03	9,46	2,39

Продолжение приложения б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
40		55	0,245	930,6	393,8	25,39	1,75	421,0	30,07	451,0	0,21	15,72	4,18	1,39	21,30	1,81	23,11	0,14
		65	0,433	436,2	195,1	20,70	2,58	218,3	37,65	256,0	0,73	9,10	2,34	2,21	13,65	2,26	15,91	0,38
		75	0,706	227,9	106,9	17,38	3,30	127,5	38,32	165,8	1,96	5,70	1,42	3,00	10,12	2,30	12,42	0,85
		85	1,083	129,2	63,12	14,92	3,81	81,8	34,09	115,9	4,39	3,78	0,92	3,66	8,37	2,05	10,42	1,65
		95	1,583	78,0	39,54	13,02	4,11	56,7	27,70	84,4	8,57	2,63	0,63	4,16	7,41	1,67	9,08	2,86
60		55	0,144	1136,0	476,2	30,97	1,59	508,7	25,04	533,8	0,18	13,60	3,59	1,25	18,44	1,07	19,51	0,12
		65	0,254	532,5	235,8	25,26	2,49	263,6	34,21	297,8	0,67	7,87	2,01	2,10	11,98	1,46	13,44	0,36
		75	0,414	278,2	129,2	21,21	3,33	153,7	37,53	191,3	1,94	4,93	1,22	2,99	9,14	1,60	10,73	0,87
		85	0,635	157,7	76,31	18,20	4,02	98,5	35,64	134,2	4,64	3,27	0,79	3,80	7,86	1,52	9,38	1,79
		95	0,928	95,2	47,80	15,89	4,50	68,2	30,70	98,9	9,62	2,27	0,54	4,47	7,28	1,31	8,59	3,26
80		55	0,098	1269,4	522,3	35,01	1,53	558,8	21,38	580,2	0,16	11,75	3,16	1,19	16,10	0,71	16,81	0,11
		65	0,174	595,0	258,7	28,55	2,47	289,7	30,86	320,6	0,64	6,80	1,77	2,07	10,63	1,03	11,66	0,36
		75	0,284	310,9	141,7	23,97	3,42	169,1	35,48	204,6	1,96	4,25	1,08	3,03	8,36	1,18	9,55	0,90
		85	0,435	176,3	83,71	20,57	4,23	108,5	35,12	143,6	4,90	2,82	0,70	3,97	7,49	1,17	8,66	1,92
		95	0,636	106,4	52,43	17,96	4,85	75,2	31,37	106,6	10,6	1,96	0,47	4,78	7,21	1,05	8,26	3,63
100		55	0,073	1359,8	547,8	38,09	1,50	587,4	18,65	606,0	0,15	10,23	2,83	1,16	14,22	0,52	14,73	0,11
		65	0,130	637,4	271,3	31,06	2,49	304,9	27,98	332,8	0,62	5,92	1,58	2,07	9,57	0,77	10,34	0,36
		75	0,211	333,1	148,6	26,08	3,52	178,2	33,25	211,5	1,98	3,70	0,96	3,10	7,77	0,92	8,69	0,93
		85	0,324	188,8	87,79	22,38	4,45	114,6	33,87	148,5	5,16	2,46	0,62	4,14	7,22	0,93	8,15	2,05
		95	0,474	114,0	54,99	19,54	5,20	79,7	31,04	110,8	11,5	1,71	0,42	5,07	7,20	0,85	8,06	3,97
10		55	1,395	261,4	98,72	9,84	3,33	111,9	35,74	147,6	0,62	12,70	4,51	2,69	19,89	7,20	27,10	0,29
		65	2,468	122,5	48,89	8,03	3,87	60,8	29,15	89,9	1,60	7,35	2,52	3,36	13,23	5,88	19,11	0,64
		75	4,024	64,0	26,78	6,74	4,01	37,5	20,55	58,1	3,34	4,60	1,54	3,72	9,85	4,15	14,00	1,18
		85	6,170	36,3	15,82	5,78	3,87	25,5	13,26	38,7	6,00	3,05	0,99	3,80	7,85	2,69	10,53	1,91
		95	9,021	21,9	9,91	5,05	3,55	18,5	8,10	26,6	9,66	2,12	0,68	3,68	6,47	1,65	8,12	2,83

Окончание приложения 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20		55	0,560	478,0	196,7	16,26	2,46	215,4	38,35	253,7	0,40	14,42	4,11	1,95	20,47	4,27	24,74	0,22
		65	0,991	224,1	97,40	13,26	3,22	113,9	38,60	152,5	1,19	8,34	2,30	2,74	13,38	4,30	17,68	0,54
		75	1,616	117,1	53,36	11,13	3,70	68,2	32,58	100,8	2,82	5,22	1,40	3,36	9,98	3,63	13,61	1,10
40		85	2,478	66,4	31,52	9,55	3,91	45,0	24,61	69,6	5,69	3,47	0,91	3,75	8,12	2,75	10,87	1,95
		95	3,623	40,1	19,74	8,34	3,89	32,0	17,29	49,3	10,1	2,41	0,62	3,93	6,95	1,94	8,89	3,14
		55	0,225	755,0	319,7	24,54	1,95	346,1	32,64	378,8	0,27	13,28	3,41	1,51	18,19	2,01	20,21	0,17
60		65	0,398	353,9	158,3	20,01	2,83	181,2	39,18	220,3	0,94	7,68	1,91	2,36	11,95	2,42	14,36	0,47
		75	0,649	184,9	86,73	16,80	3,57	107,1	38,46	145,6	2,56	4,81	1,16	3,17	9,13	2,37	11,50	1,08
		85	0,995	104,8	51,23	14,42	4,09	69,7	33,16	102,9	5,78	3,19	0,75	3,83	7,77	2,05	9,81	2,11
80		95	1,455	63,3	32,09	12,59	4,36	49,0	26,20	75,2	11,4	2,22	0,51	4,30	7,02	1,62	8,64	3,69
		55	0,132	921,7	386,5	29,94	1,78	418,2	27,36	445,6	0,22	11,48	2,92	1,36	15,77	1,20	16,96	0,15
		65	0,233	432,0	191,4	24,41	2,73	218,6	35,84	254,4	0,85	6,64	1,64	2,25	10,53	1,56	12,09	0,45
100		75	0,381	225,8	104,9	20,50	3,61	129,0	37,92	166,9	2,50	4,16	1,00	3,16	8,31	1,65	9,96	1,10
		85	0,584	128,0	61,94	17,59	4,30	83,8	34,90	118,7	6,04	2,76	0,64	3,97	7,38	1,52	8,90	2,27
		95	0,853	77,3	38,80	15,36	4,77	58,9	29,22	88,1	12,6	1,92	0,44	4,63	6,98	1,28	8,26	4,17
80		55	0,090	1029,9	423,9	33,84	1,70	459,5	23,43	482,9	0,20	9,92	2,57	1,29	13,78	0,80	14,58	0,14
		65	0,160	482,8	210,0	27,59	2,71	240,3	32,43	272,7	0,81	5,74	1,44	2,21	9,39	1,11	10,50	0,44
		75	0,261	252,3	115,0	23,17	3,70	141,9	35,96	177,8	2,50	3,59	0,88	3,20	7,67	1,23	8,90	1,12
100		85	0,400	143,0	67,94	19,88	4,53	92,4	34,48	126,8	6,32	2,38	0,57	4,14	7,09	1,18	8,27	2,42
		95	0,584	86,3	42,56	17,36	5,15	65,1	29,95	95,0	13,8	1,66	0,39	4,94	6,98	1,02	8,00	4,60
		55	0,067	1103,3	444,6	36,81	1,67	483,1	20,47	503,5	0,18	8,63	2,30	1,26	12,20	0,58	12,78	0,13
100		65	0,119	517,2	220,2	30,02	2,73	253,0	29,44	282,4	0,78	5,00	1,29	2,21	8,49	0,83	9,33	0,44
		75	0,194	270,2	120,6	25,20	3,81	149,6	33,74	183,4	2,51	3,13	0,78	3,27	7,18	0,95	8,13	1,15
		85	0,298	153,2	71,25	21,63	4,76	97,6	33,30	130,9	6,60	2,08	0,51	4,31	6,90	0,94	7,84	2,56
		95	0,436	92,5	44,63	18,88	5,50	69,0	29,67	98,7	14,9	1,44	0,34	5,23	7,02	0,84	7,86	5,00

Возрастная динамика фитомассы и ЧПП дубняков по зональным поясам с учетом степени континентальности климата Евразии

А, лет	Номер пояса	Индекс континентальности	N	Запас М, м <sup>3</sup> /га	Фракции фитомассы										Фракции прироста									
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Pt	Pu	Zs	Zb	Zf	Za	Zr	Zt	Zu						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19						
10		55	12,50	162,6	98,55	5,39	0,91	104,9	21,38	126,2	32,29	15,29	2,47	0,82	18,58	4,32	22,90	2,19						
		65	13,60	101,7	58,72	4,14	1,16	64,0	17,22	81,2	15,38	10,92	1,39	1,09	13,40	3,44	16,84	1,87						
		75	14,62	68,0	37,68	3,30	1,42	42,4	14,31	56,7	8,14	8,19	0,85	1,39	10,43	2,83	13,26	1,63						
		85	15,57	47,8	25,56	2,71	1,70	30,0	12,17	42,1	4,67	6,37	0,56	1,71	8,64	2,38	11,02	1,44						
		95	16,47	35,0	18,11	2,27	2,00	22,4	10,54	32,9	2,85	5,09	0,38	2,07	7,54	2,05	9,58	1,30						
20		55	3,367	302,4	177,9	13,47	1,12	192,5	27,28	219,8	36,37	11,60	3,56	0,98	16,14	3,02	19,16	2,34						
		65	3,663	189,0	106,0	10,34	1,42	117,8	21,98	139,7	17,32	8,29	2,01	1,30	11,60	2,40	14,00	2,00						
		75	3,937	126,4	68,02	8,24	1,74	78,0	18,26	96,3	9,17	6,21	1,23	1,66	9,10	1,98	11,08	1,74						
		85	4,194	88,9	46,14	6,76	2,08	55,0	15,53	70,5	5,26	4,83	0,80	2,05	7,68	1,67	9,34	1,54						
		95	4,436	65,0	32,68	5,67	2,44	40,8	13,45	54,2	3,21	3,86	0,55	2,47	6,88	1,43	8,31	1,39						
40		55	1,136	563,8	324,9	29,09	1,40	355,4	37,29	392,7	42,79	9,99	4,38	1,20	15,57	2,27	17,84	2,59						
		65	1,236	352,4	193,6	22,33	1,77	217,7	30,04	247,7	20,38	7,14	2,47	1,59	11,20	1,81	13,00	2,21						
		75	1,329	235,6	124,2	17,81	2,17	144,2	24,96	169,2	10,79	5,35	1,51	2,02	8,89	1,49	10,37	1,92						
		85	1,415	165,7	84,27	14,61	2,60	101,5	21,23	122,7	6,19	4,16	0,98	2,49	7,64	1,25	8,89	1,71						
		95	1,497	121,2	59,69	12,25	3,05	75,0	18,38	93,4	3,78	3,33	0,67	3,01	7,01	1,08	8,09	1,53						
60		55	0,668	812,7	464,6	42,67	1,60	508,9	46,22	555,1	48,04	9,72	4,60	1,36	15,67	1,99	17,66	2,79						
		65	0,727	508,0	276,8	32,75	2,04	311,6	37,23	348,8	22,88	6,94	2,59	1,80	11,33	1,58	12,91	2,38						
		75	0,781	339,6	177,6	26,11	2,50	206,2	30,94	237,2	12,12	5,21	1,59	2,29	9,08	1,30	10,38	2,07						
		85	0,832	238,8	120,5	21,42	2,99	144,9	26,31	171,2	6,95	4,05	1,03	2,83	7,91	1,10	9,00	1,84						
		95	0,881	174,7	85,36	17,96	3,50	106,8	22,79	129,6	4,24	3,24	0,71	3,41	7,35	0,94	8,29	1,65						
80		55	0,481	1054	600,3	54,32	1,78	656,4	54,60	711,0	52,62	9,78	4,61	1,49	15,87	1,83	17,71	2,96						
		65	0,523	658,9	357,7	41,70	2,26	401,6	43,99	445,6	25,06	6,99	2,60	1,97	11,56	1,46	13,02	2,52						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		75	0,562	440,6	229,5	33,25	2,77	265,5	36,55	302,1	13,27	5,24	1,59	2,51	9,34	1,20	10,54	2,20
		85	0,599	309,8	155,7	27,27	3,31	186,3	31,09	217,4	7,61	4,07	1,04	3,11	8,21	1,01	9,22	1,95
		95	0,633	226,6	110,3	22,87	3,88	137,0	26,92	164,0	4,65	3,26	0,71	3,75	7,71	0,87	8,58	1,75
		55	0,382	1290	733,3	64,39	1,93	799,6	62,65	862,3	56,77	9,98	4,53	1,60	16,11	1,74	17,85	3,11
		65	0,416	806,5	436,9	49,43	2,45	488,8	50,47	539,2	27,03	7,13	2,56	2,13	11,81	1,38	13,19	2,65
100		75	0,447	539,2	280,4	39,41	3,00	322,8	41,94	364,7	14,32	5,34	1,56	2,71	9,62	1,14	10,75	2,31
		85	0,476	379,2	190,2	32,33	3,59	226,1	35,67	261,8	8,21	4,15	1,02	3,35	8,52	0,96	9,48	2,05
		95	0,504	277,3	134,7	27,11	4,21	166,0	30,89	196,9	5,01	3,32	0,70	4,04	8,06	0,82	8,88	1,84
		55	0,322	1522	864,3	73,17	2,06	939,6	70,47	1010	60,60	10,24	4,41	1,71	16,36	1,67	18,03	3,25
		65	0,351	951,6	514,9	56,17	2,62	573,7	56,77	630,5	28,86	7,32	2,49	2,27	12,07	1,33	13,40	2,77
120		75	0,377	636,2	330,4	44,79	3,22	378,4	47,17	425,6	15,29	5,49	1,52	2,88	9,89	1,09	10,99	2,42
		85	0,402	447,4	224,2	36,74	3,85	264,8	40,12	304,9	8,77	4,26	0,99	3,56	8,82	0,92	9,74	2,14
		95	0,425	327,2	158,8	30,81	4,51	194,1	34,74	228,9	5,35	3,41	0,68	4,30	8,39	0,79	9,18	1,93
		55	0,283	1751	993,8	80,88	2,19	1077	78,12	1155	64,19	10,54	4,28	1,80	16,62	1,63	18,25	3,38
		65	0,308	1094	592,1	62,09	2,78	657,0	62,94	719,9	30,57	7,53	2,41	2,39	12,34	1,29	13,63	2,88
140		75	0,331	731,8	380,0	49,50	3,41	432,9	52,30	485,2	16,19	5,65	1,48	3,05	10,17	1,06	11,23	2,51
		85	0,352	514,6	257,8	40,61	4,08	302,4	44,48	346,9	9,29	4,39	0,96	3,76	9,11	0,90	10,01	2,23
		95	0,373	376,4	182,6	34,05	4,78	221,4	38,52	259,9	5,67	3,51	0,66	4,54	8,71	0,77	9,48	2,00
		55	0,255	1977	1122	87,70	2,30	1212	85,66	1298	67,60	10,86	4,14	1,89	16,90	1,59	18,49	3,50
		65	0,277	1236	668,5	67,32	2,93	738,8	69,01	807,8	32,19	7,76	2,34	2,51	12,61	1,27	13,87	2,98
160		75	0,298	826,2	429,0	53,68	3,59	486,3	57,35	543,6	17,05	5,82	1,43	3,19	10,45	1,04	11,49	2,60
		85	0,317	581,0	291,0	44,03	4,30	339,4	48,77	388,1	9,78	4,52	0,93	3,95	9,40	0,88	10,28	2,31
		95	0,336	424,9	206,2	36,92	5,04	248,1	42,24	290,4	5,97	3,62	0,64	4,76	9,02	0,75	9,77	2,08

Продолжение приложения 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
180		55	0,234	2201	1249	93,77	2,41	1346	93,11	1439	70,85	11,20	4,01	1,97	17,18	1,56	18,74	3,61
		65	0,254	1375	744,4	71,98	3,06	819,4	75,01	894,4	33,74	8,00	2,26	2,62	12,88	1,24	14,12	3,08
		75	0,273	919,7	477,7	57,39	3,76	538,8	62,33	601,2	17,87	6,00	1,38	3,33	10,72	1,02	11,74	2,69
		85	0,291	646,7	324,0	47,08	4,50	375,6	53,01	428,6	10,25	4,66	0,90	4,12	9,68	0,86	10,55	2,38
		95	0,308	473,0	229,5	39,48	5,27	274,3	45,91	320,2	6,25	3,73	0,62	4,97	9,31	0,74	10,06	2,14
		55	0,218	2422	1376	99,20	2,52	1478	100,5	1578	73,96	11,55	3,87	2,05	17,47	1,54	19,01	3,72
		65	0,237	1514	819,7	76,15	3,20	899,1	80,96	980,0	35,22	8,25	2,18	2,72	13,16	1,23	14,38	3,17
		75	0,255	1012	526,0	60,72	3,92	590,6	67,27	657,9	18,66	6,19	1,34	3,47	10,99	1,01	12,00	2,77
		85	0,271	711,8	356,8	49,81	4,69	411,3	57,22	468,6	10,70	4,81	0,87	4,28	9,96	0,85	10,81	2,45
		95	0,287	520,6	252,8	41,77	5,50	300,0	49,55	349,6	6,53	3,84	0,59	5,17	9,61	0,73	10,34	2,21
10		55	12,43	109,1	74,64	5,75	1,35	81,7	20,93	102,7	14,82	11,68	2,51	1,20	15,39	3,88	19,27	1,37
		65	13,52	68,2	44,47	4,41	1,71	50,6	16,86	67,5	7,06	8,35	1,41	1,59	11,35	3,09	14,44	1,17
		75	14,53	45,6	28,53	3,52	2,10	34,2	14,01	48,2	3,74	6,26	0,87	2,02	9,15	2,54	11,69	1,02
		85	15,48	32,1	19,36	2,89	2,51	24,8	11,91	36,7	2,14	4,87	0,56	2,50	7,93	2,14	10,07	0,91
		95	16,38	23,5	13,71	2,42	2,95	19,1	10,32	29,4	1,31	3,89	0,39	3,02	7,29	1,84	9,13	0,81
20	3	55	3,348	202,9	134,7	14,37	1,65	150,8	26,70	177,4	16,69	8,86	3,61	1,43	13,91	2,72	16,62	1,47
		65	3,642	126,8	80,27	11,03	2,10	93,4	21,51	114,9	7,95	6,33	2,04	1,90	10,27	2,16	12,43	1,25
		75	3,915	84,8	51,51	8,79	2,57	62,9	17,87	80,7	4,21	4,75	1,25	2,42	8,41	1,78	10,19	1,09
		85	4,170	59,6	34,95	7,21	3,08	45,2	15,20	60,4	2,41	3,69	0,81	2,99	7,49	1,50	8,99	0,97
		95	4,411	43,6	24,75	6,05	3,61	34,4	13,16	47,6	1,47	2,95	0,55	3,60	7,11	1,29	8,40	0,87
		55	1,130	378,3	246,1	31,03	2,06	279,2	36,49	315,6	19,64	7,64	4,45	1,75	13,83	2,04	15,87	1,62
		65	1,229	236,4	146,6	23,82	2,62	173,0	29,40	202,4	9,35	5,46	2,51	2,31	10,28	1,62	11,90	1,38
		75	1,321	158,1	94,07	18,99	3,21	116,3	24,43	140,7	4,95	4,09	1,54	2,95	8,58	1,34	9,91	1,21
		85	1,407	111,2	63,82	15,58	3,84	83,2	20,78	104,0	2,84	3,18	1,00	3,64	7,82	1,13	8,95	1,07
		95	1,489	81,3	45,21	13,06	4,50	62,8	17,99	80,8	1,73	2,54	0,68	4,39	7,62	0,97	8,59	0,96

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
60	55	0,664	545,4	351,9	45,50	2,37	399,8	45,24	445,0	22,05	7,43	4,67	1,98	14,07	1,79	15,86	1,75	
	65	0,723	340,9	209,6	34,93	3,00	247,6	36,44	284,0	10,50	5,31	2,63	2,62	10,56	1,42	11,98	1,49	
	75	0,777	227,9	134,5	27,85	3,69	166,1	30,28	196,4	5,56	3,98	1,61	3,34	8,93	1,17	10,10	1,30	
	85	0,828	160,3	91,27	22,85	4,41	118,5	25,75	144,3	3,19	3,09	1,05	4,13	8,27	0,98	9,26	1,15	
	95	0,876	117,2	64,65	19,16	5,17	89,0	22,30	111,3	1,95	2,47	0,72	4,98	8,17	0,85	9,02	1,04	
80	55	0,478	707,4	454,6	57,94	2,62	515,2	53,44	568,6	24,15	7,47	4,68	2,17	14,32	1,65	15,97	1,86	
	65	0,520	442,1	270,9	44,47	3,33	318,7	43,05	361,7	11,50	5,34	2,64	2,88	10,86	1,31	12,17	1,58	
	75	0,559	295,6	173,8	35,46	4,08	213,4	35,78	249,1	6,09	4,00	1,62	3,67	9,29	1,08	10,37	1,38	
	85	0,595	207,9	117,9	29,09	4,88	151,9	30,43	182,3	3,49	3,11	1,05	4,53	8,70	0,91	9,61	1,22	
	95	0,630	152,0	83,53	24,39	5,73	113,6	26,35	140,0	2,13	2,49	0,72	5,47	8,68	0,78	9,46	1,10	
100	55	0,380	865,8	555,4	68,68	2,84	626,9	61,32	688,2	26,05	7,62	4,60	2,34	14,56	1,56	16,13	1,95	
	65	0,413	541,2	330,9	52,72	3,61	387,2	49,40	436,6	12,41	5,45	2,59	3,11	11,15	1,24	12,39	1,66	
	75	0,444	361,8	212,3	42,03	4,43	258,8	41,05	299,8	6,57	4,09	1,59	3,95	9,63	1,02	10,65	1,45	
	85	0,473	254,4	144,0	34,48	5,30	183,8	34,91	218,7	3,77	3,18	1,03	4,89	9,10	0,86	9,96	1,29	
	95	0,501	186,1	102,0	28,91	6,22	137,2	30,23	167,4	2,30	2,54	0,71	5,90	9,14	0,74	9,88	1,16	
120	55	0,321	1021	654,6	78,04	3,04	735,7	68,97	804,6	27,81	7,83	4,48	2,49	14,80	1,50	16,30	2,04	
	65	0,349	638,5	390,0	59,91	3,87	453,8	55,56	509,3	13,24	5,59	2,53	3,31	11,43	1,20	12,62	1,74	
	75	0,375	426,9	250,3	47,76	4,75	302,8	46,17	348,9	7,02	4,19	1,55	4,21	9,95	0,98	10,93	1,52	
	85	0,399	300,2	169,8	39,18	5,68	214,6	39,27	253,9	4,02	3,26	1,01	5,20	9,47	0,83	10,30	1,35	
	95	0,422	219,6	120,3	32,86	6,65	159,8	34,00	193,8	2,46	2,61	0,69	6,28	9,57	0,71	10,28	1,21	
140	55	0,281	1175	752,7	86,26	3,23	842,2	76,46	918,6	29,46	8,06	4,34	2,63	15,03	1,46	16,50	2,12	
	65	0,306	734,4	448,4	66,22	4,10	518,7	61,60	580,3	14,03	5,76	2,45	3,49	11,70	1,16	12,86	1,81	
	75	0,329	491,1	287,8	52,80	5,03	345,6	51,19	396,8	7,43	4,32	1,50	4,45	10,26	0,96	11,22	1,58	
	85	0,350	345,3	195,2	43,31	6,02	244,5	43,53	288,1	4,26	3,36	0,98	5,49	9,82	0,81	10,63	1,40	
	95	0,370	252,5	138,3	36,32	7,06	181,7	37,70	219,4	2,60	2,68	0,67	6,63	9,98	0,69	10,67	1,26	

Продолжение приложения 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
160		55	0,253	1328	849,8	93,53	3,40	946,8	83,84	1031	31,02	8,30	4,20	2,76	15,27	1,43	16,70	2,20
		65	0,275	829,2	506,3	71,80	4,32	582,4	67,54	650,0	14,77	5,93	2,37	3,66	11,97	1,14	13,10	1,87
		75	0,296	554,4	324,9	57,25	5,30	387,5	56,13	443,6	7,83	4,45	1,45	4,66	10,56	0,94	11,50	1,63
		85	0,315	389,9	220,4	46,96	6,34	273,7	47,74	321,4	4,49	3,46	0,95	5,76	10,17	0,79	10,95	1,45
		95	0,334	285,1	156,1	39,38	7,43	202,9	41,34	244,3	2,74	2,77	0,65	6,95	10,36	0,68	11,04	1,30
		55	0,232	1477	946,2	100,0	3,56	1050	91,13	1141	32,51	8,56	4,07	2,88	15,51	1,41	16,91	2,27
		65	0,253	923,0	563,8	76,77	4,52	645,0	73,42	718,5	15,48	6,12	2,29	3,82	12,23	1,12	13,35	1,93
		75	0,272	617,1	361,8	61,21	5,55	428,5	61,01	489,5	8,20	4,59	1,40	4,87	10,86	0,92	11,78	1,69
		85	0,290	434,0	245,4	50,21	6,64	302,3	51,89	354,2	4,70	3,57	0,91	6,01	10,49	0,78	11,27	1,50
		95	0,306	317,4	173,8	42,11	7,78	223,7	44,93	268,7	2,87	2,85	0,62	7,26	10,73	0,67	11,40	1,34
200		55	0,217	1625	1042	105,8	3,71	1151	98,36	1250	33,94	8,82	3,93	3,00	15,75	1,39	17,14	2,34
		65	0,236	1016	620,8	81,22	4,72	706,7	79,24	786,0	16,16	6,31	2,22	3,97	12,50	1,10	13,60	1,99
		75	0,253	679,3	398,4	64,76	5,79	468,9	65,84	534,8	8,56	4,73	1,36	5,06	11,15	0,91	12,05	1,74
		85	0,270	477,7	270,3	53,12	6,92	330,3	56,00	386,3	4,91	3,68	0,88	6,25	10,81	0,76	11,57	1,54
		95	0,285	349,3	191,4	44,54	8,12	244,1	48,49	292,6	3,00	2,94	0,60	7,54	11,08	0,66	11,74	1,38
		55	15,45	85,9	59,16	6,00	1,81	67,0	22,54	89,5	18,44	10,51	2,30	1,38	14,19	4,39	18,58	1,39
		65	16,81	53,7	35,25	4,61	2,29	42,1	18,16	60,3	8,78	7,51	1,30	1,82	10,63	3,49	14,13	1,19
		75	18,07	35,9	22,62	3,67	2,81	29,1	15,09	44,2	4,65	5,63	0,79	2,32	8,75	2,87	11,62	1,03
		85	19,24	25,2	15,34	3,01	3,37	21,7	12,84	34,6	2,67	4,38	0,52	2,87	7,77	2,42	10,18	0,92
		95	20,36	18,5	10,87	2,53	3,95	17,3	11,12	28,5	1,63	3,50	0,35	3,46	7,32	2,08	9,39	0,82
20	4	55	4,161	159,6	106,8	14,99	2,21	124,0	28,76	152,8	20,76	7,98	3,31	1,64	12,93	3,07	16,00	1,49
		65	4,527	99,8	63,63	11,51	2,81	77,9	23,17	101,1	9,89	5,70	1,87	2,18	9,75	2,44	12,19	1,27
		75	4,866	66,7	40,83	9,18	3,44	53,5	19,26	72,7	5,24	4,27	1,14	2,77	8,19	2,01	10,20	1,11
		85	5,184	46,9	27,70	7,53	4,12	39,3	16,38	55,7	3,00	3,32	0,74	3,43	7,49	1,69	9,19	0,98
		95	5,483	34,3	19,62	6,31	4,83	30,8	14,18	44,9	1,83	2,66	0,51	4,14	7,30	1,45	8,75	0,88

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
40		55	1,404	297,6	195,1	32,39	2,76	230,2	39,32	269,5	24,43	6,87	4,08	2,00	12,95	2,31	15,26	1,64
		65	1,528	186,0	116,2	24,86	3,50	144,6	31,67	176,2	11,64	4,91	2,30	2,66	9,87	1,84	11,70	1,40
		75	1,642	124,4	74,57	19,82	4,30	98,7	26,32	125,0	6,16	3,68	1,41	3,38	8,47	1,51	9,98	1,22
		85	1,749	87,5	50,59	16,26	5,14	72,0	22,39	94,4	3,54	2,86	0,92	4,18	7,96	1,27	9,23	1,08
		95	1,850	64,0	35,83	13,64	6,03	55,5	19,38	74,9	2,16	2,29	0,63	5,04	7,96	1,09	9,05	0,97
60		55	0,826	429,1	278,9	47,50	3,17	329,6	48,74	378,3	27,43	6,68	4,28	2,27	13,23	2,02	15,25	1,77
		65	0,899	268,2	166,2	36,46	4,02	206,7	39,26	245,9	13,06	4,77	2,41	3,01	10,20	1,61	11,81	1,51
		75	0,966	179,3	106,6	29,07	4,94	140,6	32,63	173,3	6,92	3,58	1,48	3,84	8,89	1,32	10,21	1,32
		85	1,029	126,1	72,34	23,85	5,90	102,1	27,75	129,8	3,97	2,78	0,96	4,74	8,48	1,11	9,60	1,17
		95	1,088	92,2	51,24	20,00	6,92	78,2	24,03	102,2	2,42	2,22	0,66	5,72	8,60	0,96	9,56	1,05
80		55	0,594	556,6	360,4	60,48	3,51	424,4	57,58	481,9	30,04	6,72	4,29	2,49	13,51	1,86	15,37	1,88
		65	0,646	347,9	214,7	46,42	4,46	265,6	46,38	312,0	14,31	4,80	2,42	3,31	10,53	1,48	12,01	1,60
		75	0,695	232,6	137,8	37,02	5,47	180,3	38,54	218,8	7,58	3,60	1,48	4,21	9,30	1,22	10,51	1,40
		85	0,740	163,6	93,47	30,36	6,54	130,4	32,78	163,2	4,35	2,80	0,96	5,20	8,97	1,03	9,99	1,24
		95	0,783	119,6	66,21	25,46	7,67	99,3	28,39	127,7	2,65	2,24	0,66	6,28	9,18	0,88	10,06	1,11
100		55	0,472	681,3	440,2	71,69	3,81	515,7	66,06	581,8	32,41	6,86	4,22	2,69	13,76	1,77	15,53	1,98
		65	0,514	425,8	262,3	55,03	4,84	322,1	53,22	375,4	15,43	4,90	2,38	3,56	10,84	1,41	12,25	1,68
		75	0,552	284,7	168,3	43,88	5,93	218,1	44,22	262,3	8,17	3,68	1,46	4,54	9,67	1,16	10,83	1,47
		85	0,588	200,2	114,2	35,99	7,10	157,3	37,61	194,9	4,69	2,86	0,95	5,61	9,41	0,97	10,39	1,30
		95	0,622	146,4	80,88	30,18	8,32	119,4	32,57	152,0	2,86	2,28	0,65	6,77	9,70	0,84	10,53	1,17
120		55	0,399	803,8	518,9	81,46	4,08	604,4	74,31	678,7	34,60	7,04	4,11	2,86	14,01	1,70	15,71	2,07
		65	0,434	502,4	309,1	62,53	5,18	376,8	59,86	436,7	16,48	5,03	2,32	3,80	11,14	1,35	12,50	1,76
		75	0,466	335,9	198,4	49,86	6,35	254,6	49,74	304,3	8,73	3,77	1,42	4,83	10,02	1,11	11,14	1,53
		85	0,497	236,2	134,6	40,90	7,60	183,1	42,31	225,4	5,01	2,93	0,92	5,97	9,83	0,94	10,76	1,36
		95	0,525	172,7	95,33	34,30	8,91	138,5	36,64	175,2	3,05	2,34	0,63	7,21	10,18	0,80	10,99	1,22

Продолжение приложения 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		55	0,350	924,5	596,6	90,04	4,32	691,0	82,38	773,4	36,65	7,25	3,98	3,02	14,25	1,65	15,91	2,15
		65	0,380	577,9	355,5	69,12	5,49	430,1	66,37	496,4	17,45	5,18	2,25	4,01	11,43	1,31	12,75	1,83
140		75	0,409	386,4	228,1	55,11	6,74	289,9	55,15	345,1	9,24	3,88	1,38	5,10	10,36	1,08	11,44	1,60
		85	0,435	271,7	154,7	45,21	8,06	208,0	46,90	254,9	5,30	3,02	0,90	6,30	10,22	0,91	11,13	1,42
		95	0,461	198,7	109,6	37,91	9,45	157,0	40,62	197,6	3,24	2,41	0,61	7,61	10,63	0,78	11,41	1,27
		55	0,315	1044	673,6	97,63	4,55	775,8	90,33	866,2	38,59	7,47	3,86	3,17	14,50	1,62	16,11	2,22
		65	0,342	652,4	401,3	74,95	5,78	482,1	72,77	554,8	18,38	5,34	2,17	4,20	11,72	1,29	13,00	1,89
160		75	0,368	436,2	257,5	59,76	7,10	324,4	60,47	384,9	9,74	4,00	1,33	5,35	10,69	1,06	11,74	1,65
		85	0,392	306,8	174,7	49,02	8,49	232,2	51,43	283,7	5,58	3,11	0,87	6,61	10,59	0,89	11,48	1,47
		95	0,415	224,3	123,8	41,11	9,95	174,8	44,54	219,4	3,41	2,49	0,59	7,98	11,06	0,77	11,82	1,32
		55	0,289	1162	750,1	104,4	4,77	859,2	98,19	957,4	40,45	7,70	3,73	3,31	14,74	1,59	16,33	2,30
		65	0,314	726,2	446,9	80,14	6,06	533,1	79,10	612,2	19,26	5,50	2,10	4,39	11,99	1,26	13,26	1,96
180	5	75	0,338	485,6	286,8	63,89	7,43	358,1	65,73	423,8	10,20	4,13	1,29	5,59	11,00	1,04	12,04	1,71
		85	0,360	341,5	194,5	52,41	8,89	255,8	55,90	311,7	5,85	3,21	0,84	6,90	10,95	0,88	11,82	1,51
		95	0,381	249,7	137,8	43,95	10,4	192,2	48,41	240,6	3,57	2,56	0,57	8,33	11,46	0,75	12,22	1,36
		55	0,269	1279	826,0	110,4	4,97	941,4	106,0	1047	42,23	7,94	3,60	3,44	14,98	1,57	16,55	2,36
		65	0,293	799,3	492,1	84,78	6,31	583,2	85,37	668,6	20,11	5,67	2,03	4,56	12,27	1,25	13,51	2,01
200		75	0,315	534,4	315,8	67,60	7,75	391,1	70,94	462,1	10,65	4,25	1,24	5,81	11,31	1,03	12,33	1,76
		85	0,335	375,8	214,2	55,45	9,27	278,9	60,33	339,3	6,11	3,31	0,81	7,17	11,29	0,86	12,16	1,56
		95	0,355	274,9	151,7	46,50	10,9	209,1	52,25	261,4	3,73	2,64	0,55	8,66	11,85	0,74	12,60	1,40
		55	20,76	73,1	48,42	6,20	2,28	56,9	25,14	82,0	33,93	10,17	2,03	1,42	13,62	5,41	19,03	1,71
		65	22,59	45,7	28,85	4,76	2,90	36,5	20,26	56,8	16,16	7,26	1,15	1,88	10,30	4,30	14,60	1,46
10		75	24,28	30,5	18,51	3,79	3,56	25,9	16,83	42,7	8,56	5,45	0,70	2,40	8,55	3,54	12,09	1,27
		85	25,86	21,5	12,56	3,11	4,26	19,9	14,32	34,2	4,91	4,23	0,46	2,96	7,66	2,98	10,64	1,13
		95	27,35	15,7	8,90	2,61	4,99	16,5	12,40	28,9	3,00	3,39	0,31	3,58	7,27	2,56	9,83	1,01

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20		55	5,592	135,9	87,41	15,48	2,80	105,7	32,08	137,8	38,22	7,71	2,93	1,70	12,34	3,78	16,12	1,83
		65	6,083	84,9	52,08	11,88	3,55	67,5	25,85	93,4	18,20	5,51	1,65	2,25	9,41	3,01	12,42	1,56
		75	6,539	56,8	33,42	9,47	4,36	47,3	21,48	68,7	9,64	4,13	1,01	2,86	8,01	2,47	10,48	1,36
		85	6,965	39,9	22,67	7,77	5,21	35,7	18,27	53,9	5,53	3,21	0,66	3,54	7,41	2,08	9,50	1,20
		95	7,368	29,2	16,06	6,52	6,11	28,7	15,82	44,5	3,37	2,57	0,45	4,27	7,29	1,79	9,08	1,08
40		55	1,887	253,3	159,6	33,43	3,49	196,6	43,85	240,4	44,97	6,65	3,61	2,07	12,32	2,84	15,16	2,02
		65	2,053	158,3	95,11	25,66	4,43	125,2	35,33	160,5	21,42	4,75	2,03	2,74	9,53	2,26	11,79	1,72
		75	2,207	105,9	61,03	20,46	5,44	86,9	29,36	116,3	11,34	3,56	1,25	3,49	8,30	1,86	10,16	1,50
		85	2,351	74,4	41,41	16,78	6,51	64,7	24,97	89,7	6,51	2,77	0,81	4,32	7,90	1,57	9,46	1,33
		95	2,487	54,4	29,33	14,07	7,63	51,0	21,62	72,7	3,97	2,21	0,55	5,21	7,97	1,35	9,32	1,20
60		55	1,110	365,2	228,3	49,03	4,01	281,3	54,36	335,7	50,48	6,46	3,79	2,35	12,59	2,49	15,08	2,17
		65	1,208	228,3	136,0	37,64	5,09	178,7	43,79	222,5	24,04	4,62	2,14	3,11	9,86	1,98	11,84	1,85
		75	1,298	152,6	87,28	30,01	6,25	123,5	36,39	159,9	12,73	3,46	1,31	3,96	8,73	1,63	10,36	1,62
		85	1,383	107,3	59,21	24,62	7,47	91,3	30,95	122,2	7,30	2,69	0,85	4,89	8,44	1,37	9,81	1,43
		95	1,462	78,5	41,94	20,64	8,76	71,3	26,80	98,1	4,46	2,15	0,58	5,90	8,64	1,18	9,82	1,29
80		55	0,798	473,7	295,0	62,42	4,44	361,8	64,22	426,0	55,30	6,50	3,79	2,58	12,87	2,29	15,17	2,31
		65	0,868	296,1	175,7	47,92	5,64	229,3	51,73	281,0	26,33	4,65	2,14	3,42	10,20	1,83	12,03	1,97
		75	0,933	198,0	112,8	38,21	6,92	157,9	42,99	200,9	13,95	3,48	1,31	4,35	9,14	1,50	10,64	1,72
		85	0,994	139,2	76,50	31,34	8,28	116,1	36,56	152,7	8,00	2,71	0,85	5,37	8,93	1,27	10,20	1,52
		95	1,052	101,8	54,19	26,28	9,71	90,2	31,66	121,8	4,88	2,17	0,58	6,48	9,23	1,09	10,32	1,37
100		55	0,635	579,8	360,3	74,00	4,82	439,1	73,68	512,8	59,65	6,63	3,73	2,78	13,14	2,18	15,32	2,43
		65	0,691	362,4	214,7	56,80	6,12	277,6	59,36	336,9	28,41	4,74	2,10	3,68	10,52	1,73	12,26	2,07
		75	0,742	242,3	137,8	45,29	7,51	190,6	49,32	239,9	15,05	3,55	1,29	4,69	9,53	1,42	10,95	1,80
		85	0,791	170,4	93,45	37,15	8,98	139,6	41,95	181,5	8,63	2,76	0,84	5,79	9,39	1,20	10,59	1,60
		95	0,836	124,6	66,20	31,15	10,5	107,9	36,33	144,2	5,27	2,21	0,57	6,99	9,77	1,03	10,80	1,44

Продолжение приложения 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
120		55	0,536	684,1	424,7	84,08	5,16	513,9	82,88	596,8	63,68	6,81	3,63	2,96	13,40	2,09	15,49	2,54
		65	0,583	427,6	253,0	64,55	6,55	324,1	66,77	390,9	30,33	4,87	2,05	3,92	10,83	1,67	12,50	2,16
		75	0,626	285,9	162,4	51,46	8,04	221,9	55,48	277,4	16,06	3,65	1,25	4,99	9,89	1,37	11,26	1,88
		85	0,667	201,0	110,1	42,21	9,62	162,0	47,19	209,2	9,21	2,84	0,82	6,17	9,82	1,15	10,97	1,67
140		95	0,706	147,0	78,02	35,40	11,3	124,7	40,86	165,6	5,62	2,27	0,56	7,44	10,27	0,99	11,26	1,50
		55	0,470	786,9	488,3	92,94	5,47	586,7	91,88	678,6	67,46	7,01	3,52	3,12	13,66	2,03	15,69	2,64
		65	0,511	491,8	290,9	71,35	6,95	369,2	74,02	443,3	32,13	5,01	1,99	4,14	11,13	1,62	12,75	2,25
		75	0,549	328,8	186,7	56,89	8,53	252,1	61,51	313,6	17,02	3,76	1,22	5,27	10,24	1,33	11,57	1,96
160		85	0,585	231,2	126,7	46,66	10,2	183,5	52,31	235,8	9,76	2,92	0,79	6,51	10,22	1,12	11,34	1,74
		95	0,619	169,1	89,71	39,13	11,9	140,8	45,30	186,1	5,96	2,33	0,54	7,85	10,73	0,96	11,69	1,56
		55	0,423	888,4	551,4	100,8	5,76	657,9	100,7	758,7	71,04	7,23	3,41	3,27	13,91	1,99	15,90	2,73
		65	0,460	555,3	328,5	77,36	7,32	413,2	81,17	494,3	33,83	5,16	1,92	4,34	11,43	1,58	13,01	2,33
180		75	0,495	371,3	210,8	61,68	8,98	281,5	67,45	348,9	17,92	3,87	1,18	5,53	10,58	1,30	11,88	2,03
		85	0,527	261,1	143,0	50,60	10,7	204,3	57,36	261,7	10,28	3,01	0,77	6,83	10,60	1,10	11,70	1,80
		95	0,557	190,9	101,3	42,43	12,6	156,3	49,67	206,0	6,27	2,41	0,52	8,24	11,17	0,94	12,11	1,62
		55	0,388	988,9	613,9	107,8	6,04	727,7	109,5	837,2	74,45	7,45	3,30	3,42	14,16	1,96	16,12	2,82
200		65	0,422	618,1	365,8	82,72	7,66	456,1	88,22	544,4	35,46	5,32	1,86	4,53	11,71	1,56	13,27	2,40
		75	0,454	413,3	234,7	65,95	9,41	310,1	73,31	383,4	18,78	3,99	1,14	5,77	10,90	1,28	12,18	2,09
		85	0,484	290,6	159,2	54,10	11,2	224,6	62,35	286,9	10,77	3,10	0,74	7,13	10,97	1,08	12,05	1,86
		95	0,512	212,5	112,8	45,37	13,2	171,3	53,99	225,3	6,57	2,48	0,51	8,60	11,59	0,93	12,51	1,67
200		55	0,362	1088	676,0	114,0	6,29	796,3	118,2	914,5	77,73	7,68	3,19	3,55	14,42	1,93	16,35	2,90
		65	0,393	680,3	402,8	87,51	7,99	498,3	95,22	593,5	37,02	5,49	1,80	4,71	11,99	1,54	13,53	2,47
		75	0,423	454,9	258,5	69,77	9,81	338,0	79,12	417,2	19,61	4,11	1,10	6,00	11,21	1,26	12,48	2,16
		85	0,451	319,9	175,3	57,23	11,7	244,3	67,29	311,6	11,25	3,20	0,72	7,41	11,32	1,06	12,39	1,91
	95	0,477	233,9	124,2	47,99	13,7	185,9	58,27	244,2	6,86	2,56	0,49	8,94	11,99	0,91	12,90	1,72	

Таблица возрастных трендов изменения запаса стволовой древесины и УдЧПП лесообразующих пород по зональным поясам и в пределах каждого – в связи с задаваемыми значениями индекса континентальности (обозначения в тексте)

**Сосна**

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
<b>1 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	7,99	44,9	21,3	4,26
65	7,52	37,7	18,9	8,61
75	7,14	32,5	17,1	15,7
85	6,82	28,6	15,6	26,7
95	6,55	25,4	14,4	42,7
20 лет				
55	24,8	21,1	9,45	3,65
65	23,3	17,8	8,39	7,39
75	22,1	15,3	7,58	13,5
85	21,1	13,5	6,93	22,9
95	20,3	12,0	6,41	36,6
40 лет				
55	54,3	11,1	4,41	3,14
65	51,1	9,36	3,91	6,34
75	48,5	8,06	3,53	11,6
85	46,3	7,08	3,23	19,7
95	44,5	6,31	2,99	31,4
60 лет				
55	73,2	8,05	2,89	2,87
65	68,9	6,77	2,56	5,80
75	65,4	5,83	2,31	10,6
85	62,4	5,12	2,12	18,0
95	60,0	4,56	1,96	28,8
80 лет				
55	84,2	6,55	2,16	2,69
65	79,2	5,50	1,92	5,45
75	75,2	4,74	1,73	10,0
85	71,8	4,16	1,58	16,9
95	68,9	3,71	1,46	27,0
100 лет				
55	90,0	5,65	1,74	2,56
65	84,7	4,75	1,54	5,18
75	80,4	4,09	1,39	9,48
85	76,8	3,59	1,27	16,1
95	73,7	3,20	1,18	25,7
120 лет				
55	92,6	5,05	1,46	2,46
65	87,1	4,25	1,29	4,98
75	82,7	3,66	1,17	9,11
85	79,0	3,21	1,07	15,4
95	75,8	2,86	0,99	24,7
140 лет				
55	93,1	4,63	1,26	2,38
65	87,6	3,89	1,12	4,81
75	83,1	3,35	1,01	8,80
85	79,4	2,94	0,92	14,9
95	76,2	2,62	0,85	23,9
160 лет				
55	92,2	4,30	1,11	2,31
65	86,7	3,62	0,99	4,67

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
75	82,3	3,12	0,89	8,55
85	78,6	2,74	0,82	14,5
95	75,5	2,44	0,75	23,2
180 лет				
55	90,5	4,05	1,00	2,25
65	85,1	3,41	0,89	4,56
75	80,8	2,94	0,80	8,33
85	77,2	2,58	0,73	14,1
95	74,1	2,30	0,68	22,6
200 лет				
55	88,2	3,85	0,91	2,20
65	83,0	3,24	0,81	4,45
75	78,7	2,79	0,73	8,14
85	75,2	2,45	0,67	13,8
95	72,2	2,18	0,62	22,1
<b>2 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	24,37	42,5	32,1	6,24
65	22,9	35,8	28,5	12,6
75	21,8	30,8	25,7	23,1
85	20,8	27,1	23,5	39,2
95	20,0	24,1	21,7	62,6
20 лет				
55	75,6	20,0	14,2	5,36
65	71,1	16,8	12,6	10,8
75	67,5	14,5	11,4	19,8
85	64,4	12,7	10,4	33,6
95	61,9	11,4	9,6	53,7
40 лет				
55	165,6	10,5	6,63	4,60
65	155,8	8,87	5,89	9,31
75	147,9	7,64	5,32	17,0
85	141,3	6,71	4,86	28,9
95	135,6	5,98	4,49	46,1
60 лет				
55	223,1	7,63	4,34	4,21
65	209,9	6,41	3,85	8,51
75	199,2	5,53	3,48	15,6
85	190,3	4,85	3,19	26,4
95	182,8	4,32	2,94	42,2
80 лет				
55	256,6	6,20	3,25	3,95
65	241,4	5,22	2,88	7,99
75	229,1	4,50	2,61	14,6
85	218,9	3,95	2,38	24,8
95	210,2	3,52	2,20	39,6
100 лет				
55	274,4	5,36	2,61	3,76
65	258,2	4,50	2,32	7,61
75	245,0	3,88	2,09	13,9
85	234,1	3,41	1,92	23,6
95	224,8	3,03	1,77	37,7

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
120 лет				
55	282,2	4,79	2,19	3,61
65	265,5	4,03	1,95	7,31
75	252,0	3,47	1,76	13,4
85	240,8	3,05	1,61	22,7
95	231,2	2,71	1,49	36,2
140 лет				
55	283,7	4,38	1,90	3,49
65	266,9	3,69	1,68	7,06
75	253,3	3,18	1,52	12,9
85	242,0	2,79	1,39	21,9
95	232,4	2,48	1,28	35,0
160 лет				
55	281,0	4,08	1,67	3,39
65	264,4	3,43	1,49	6,86
75	250,9	2,95	1,34	12,5
85	239,7	2,59	1,23	21,3
95	230,2	2,31	1,14	34,0
180 лет				
55	275,7	3,84	1,50	3,30
65	259,4	3,23	1,34	6,68
75	246,2	2,78	1,21	12,2
85	235,2	2,44	1,10	20,7
95	225,8	2,18	1,02	33,1
200 лет				
55	268,8	3,65	1,37	3,23
65	252,9	3,07	1,21	6,53
75	240,0	2,64	1,10	11,9
85	229,3	2,32	1,00	20,2
95	220,2	2,07	0,93	32,4
<b>3 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	30,1	47,5	34,9	7,81
65	28,3	39,9	31,0	15,8
75	26,8	34,4	28,0	28,9
85	25,6	30,2	25,6	49,0
95	24,6	26,9	23,6	78,3
20 лет				
55	93,2	22,4	15,5	6,71
65	87,7	18,8	13,7	13,6
75	83,2	16,2	12,4	24,8
85	79,5	14,2	11,3	42,1
95	76,3	12,7	10,5	67,2
40 лет				
55	204,3	11,8	7,21	5,76
65	192,2	9,90	6,40	11,6
75	182,4	8,53	5,78	21,3
85	174,3	7,5	5,29	36,1
95	167,3	6,7	4,89	57,7
60 лет				
55	275,3	8,52	4,72	5,27
65	259,0	7,16	4,19	10,7
75	245,8	6,17	3,79	19,5
85	234,8	5,42	3,47	33,0
95	225,5	4,83	3,20	52,8
80 лет				
55	316,5	6,93	3,53	4,94
65	297,8	5,82	3,14	10,0

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
75	282,6	5,02	2,84	18,3
85	270,0	4,41	2,59	31,0
95	259,2	3,93	2,40	49,5
100 лет				
55	338,5	5,98	2,84	4,70
65	318,5	5,03	2,52	9,5
75	302,3	4,33	2,28	17,4
85	288,7	3,80	2,08	29,5
95	277,3	3,39	1,93	47,2
120 лет				
55	348,2	5,35	2,38	4,52
65	327,6	4,49	2,12	9,14
75	310,9	3,87	1,91	16,7
85	297,0	3,40	1,75	28,3
95	285,2	3,03	1,62	45,3
140 лет				
55	350,0	4,89	2,06	4,37
65	329,3	4,11	1,83	8,84
75	312,5	3,55	1,65	16,2
85	298,5	3,11	1,51	27,4
95	286,6	2,77	1,40	43,8
160 лет				
55	346,7	4,55	1,82	4,24
65	326,2	3,83	1,62	8,58
75	309,6	3,30	1,46	15,7
85	295,7	2,90	1,34	26,6
95	284,0	2,58	1,23	42,5
180 лет				
55	340,1	4,29	1,64	4,13
65	320,0	3,60	1,45	8,36
75	303,7	3,11	1,31	15,3
85	290,2	2,73	1,20	25,9
95	278,6	2,43	1,11	41,4
200 лет				
55	331,6	4,07	1,49	4,04
65	312,0	3,42	1,32	8,17
75	296,1	2,95	1,19	14,9
85	282,9	2,59	1,09	25,3
95	271,6	2,31	1,01	40,5
<b>4 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	28,6	54,7	34,6	9,16
65	26,9	46,0	30,7	18,5
75	25,6	39,6	27,7	33,9
85	24,4	34,8	25,4	57,5
95	23,4	31,0	23,4	91,9
20 лет				
55	88,8	25,8	15,3	7,86
65	83,5	21,7	13,6	15,9
75	79,2	18,7	12,3	29,1
85	75,7	16,4	11,2	49,3
95	72,7	14,6	10,4	78,8
40 лет				
55	194,5	13,6	7,14	6,75
65	183,0	11,4	6,34	13,7
75	173,7	9,83	5,73	25,0
85	165,9	8,6	5,24	42,3
95	159,3	7,7	4,84	67,7

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
60 лет				
55	262,1	9,81	4,68	6,17
65	246,6	8,25	4,16	12,5
75	234,1	7,11	3,75	22,8
85	223,6	6,24	3,43	38,7
95	214,7	5,56	3,17	61,9
80 лет				
55	301,4	7,98	3,50	5,79
65	283,6	6,71	3,11	11,7
75	269,1	5,78	2,81	21,4
85	257,1	5,08	2,57	36,3
95	246,9	4,52	2,37	58,1
100 лет				
55	322,3	6,89	2,81	5,52
65	303,3	5,79	2,50	11,2
75	287,8	4,99	2,26	20,4
85	275,0	4,38	2,06	34,6
95	264,0	3,90	1,91	55,3
120 лет				
55	331,6	6,16	2,36	5,30
65	311,9	5,18	2,10	10,7
75	296,1	4,46	1,89	19,6
85	282,8	3,92	1,73	33,2
95	271,6	3,49	1,60	53,1
140 лет				
55	333,3	5,64	2,04	5,12
65	313,5	4,74	1,81	10,4
75	297,6	4,08	1,64	18,9
85	284,3	3,59	1,50	32,1
95	273,0	3,20	1,38	51,4
160 лет				
55	330,1	5,25	1,80	4,97
65	310,6	4,41	1,60	10,1
75	294,8	3,80	1,45	18,4
85	281,6	3,34	1,32	31,2
95	270,4	2,97	1,22	49,9
180 лет				
55	323,9	4,94	1,62	4,85
65	304,7	4,15	1,44	9,80
75	289,2	3,58	1,30	17,9
85	276,3	3,14	1,19	30,4
95	265,3	2,80	1,10	48,6
200 лет				
55	315,8	4,69	1,47	4,73
65	297,1	3,94	1,31	9,58
75	281,9	3,40	1,18	17,5
85	269,4	2,98	1,08	29,7
95	258,6	2,66	1,00	47,5
<b>5 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	24,6	63,3	33,0	10,4
65	23,2	53,2	29,3	21,0
75	22,0	45,9	26,4	38,3
85	21,0	40,3	24,2	65,0
95	20,2	35,9	22,4	103,9
20 лет				
55	76,3	29,8	14,6	8,90
65	71,8	25,1	13,0	18,0

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
75	68,1	21,6	11,7	32,9
85	65,1	19,0	10,7	55,8
95	62,5	16,9	9,9	89,2
40 лет				
55	167,3	15,7	6,82	7,64
65	157,4	13,2	6,05	15,4
75	149,3	11,4	5,47	28,3
85	142,7	10,0	5,00	47,9
95	137,0	8,9	4,62	76,6
60 лет				
55	225,4	11,4	4,47	6,98
65	212,0	9,55	3,97	14,1
75	201,2	8,23	3,58	25,8
85	192,2	7,22	3,28	43,8
95	184,6	6,44	3,03	70,0
80 лет				
55	259,1	9,23	3,34	6,56
65	243,8	7,76	2,97	13,3
75	231,4	6,69	2,68	24,2
85	221,1	5,87	2,45	41,1
95	212,3	5,23	2,27	65,7
100 лет				
55	277,1	7,97	2,69	6,24
65	260,7	6,70	2,38	12,6
75	247,5	5,77	2,15	23,1
85	236,4	5,07	1,97	39,1
95	227,0	4,52	1,82	62,6
120 лет				
55	285,1	7,13	2,25	5,99
65	268,2	5,99	2,00	12,1
75	254,5	5,16	1,81	22,2
85	243,2	4,53	1,65	37,6
95	233,5	4,04	1,53	60,1
140 лет				
55	286,5	6,52	1,95	5,79
65	269,6	5,48	1,73	11,7
75	255,8	4,73	1,56	21,4
85	244,4	4,15	1,43	36,3
95	234,7	3,70	1,32	58,1
160 лет				
55	283,8	6,07	1,72	5,63
65	267,0	5,10	1,53	11,4
75	253,4	4,40	1,38	20,8
85	242,1	3,86	1,26	35,3
95	232,5	3,44	1,17	56,4
180 лет				
55	278,5	5,71	1,55	5,48
65	262,0	4,80	1,37	11,1
75	248,7	4,14	1,24	20,28
85	237,6	3,64	1,13	34,4
95	228,1	3,24	1,05	55,0
200 лет				
55	271,5	5,43	1,41	5,36
65	255,4	4,56	1,25	10,8
75	242,4	3,93	1,13	19,82
85	231,6	3,45	1,03	33,6
95	222,4	3,08	0,95	53,7

Лиственница

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
<b>1 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	10,8	31,0	762,3	57,3
65	9,7	31,7	344,9	41,8
75	8,8	32,3	174,9	31,9
85	8,1	32,8	96,5	25,2
95	7,5	33,3	56,9	20,4
20 лет				
55	25,5	18,3	357,5	54,3
65	22,8	18,7	161,8	39,6
75	20,8	19,1	82,0	30,3
85	19,1	19,4	45,3	23,9
95	17,8	19,7	26,7	19,4
40 лет				
55	46,9	11,4	182,1	47,4
65	42,0	11,6	82,4	34,6
75	38,2	11,8	41,8	26,4
85	35,2	12,0	23,1	20,8
95	32,7	12,2	13,6	16,9
60 лет				
55	59,8	8,79	127,5	42,1
65	53,5	8,99	57,7	30,7
75	48,7	9,16	29,2	23,5
85	44,8	9,31	16,1	18,5
95	41,6	9,45	9,52	15,0
80 лет				
55	67,4	7,40	100,7	38,1
65	60,3	7,57	45,6	27,8
75	54,9	7,71	23,1	21,2
85	50,5	7,84	12,8	16,7
95	46,9	7,95	7,52	13,6
100 лет				
55	71,8	6,52	84,7	34,9
65	64,3	6,66	38,3	25,5
75	58,5	6,79	19,4	19,4
85	53,8	6,90	10,7	15,3
95	50,0	7,00	6,32	12,4
120 лет				
55	74,2	5,90	74,0	32,3
65	66,5	6,03	33,5	23,5
75	60,5	6,14	17,0	18,0
85	55,7	6,24	9,37	14,2
95	51,7	6,33	5,52	11,5
140 лет				
55	75,3	5,43	66,3	30,1
65	67,5	5,55	30,0	21,9
75	61,4	5,66	15,2	16,7
85	56,5	5,75	8,39	13,2
95	52,5	5,84	4,95	10,7
160 лет				
55	75,6	5,07	60,5	28,2
65	67,6	5,18	27,4	20,6
75	61,5	5,28	13,9	15,7
85	56,6	5,37	7,66	12,4
95	52,6	5,44	4,52	10,0

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
180 лет				
55	75,2	4,77	55,9	26,6
65	67,3	4,88	25,3	19,4
75	61,2	4,97	12,8	14,8
85	56,3	5,06	7,08	11,7
95	52,3	5,13	4,18	9,5
200 лет				
55	74,4	4,53	52,2	25,1
65	66,6	4,63	23,6	18,3
75	60,6	4,72	12,0	14,0
85	55,8	4,80	6,61	11,0
95	51,8	4,87	3,90	9,0
<b>2 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	33,17	24,8	367,5	83,3
65	29,7	25,4	166,3	60,8
75	27,0	25,9	84,3	46,4
85	24,9	26,3	46,5	36,6
95	23,1	26,7	27,4	29,7
20 лет				
55	78,1	14,7	172,4	79,0
65	69,9	15,0	78,0	57,6
75	63,6	15,3	39,5	44,0
85	58,5	15,5	21,8	34,7
95	54,4	15,8	12,9	28,1
40 лет				
55	143,6	9,10	87,8	68,9
65	128,5	9,30	39,7	50,3
75	116,9	9,48	20,1	38,4
85	107,6	9,6	11,1	30,3
95	100,0	9,8	6,56	24,6
60 лет				
55	182,8	7,04	61,5	61,2
65	163,7	7,20	27,8	44,7
75	148,9	7,33	14,1	34,1
85	137,0	7,46	7,78	26,9
95	127,3	7,57	4,59	21,8
80 лет				
55	206,2	5,93	48,5	55,4
65	184,6	6,06	22,0	40,4
75	167,9	6,18	11,1	30,8
85	154,5	6,28	6,15	24,3
95	143,6	6,37	3,63	19,7
100 лет				
55	219,8	5,22	40,8	50,7
65	196,7	5,34	18,5	37,0
75	179,0	5,44	9,37	28,2
85	164,7	5,53	5,17	22,3
95	153,0	5,61	3,05	18,1
120 лет				
55	227,2	4,72	35,7	46,9
65	203,4	4,83	16,1	34,2
75	185,0	4,92	8,18	26,1
85	170,3	5,00	4,52	20,6
95	158,2	5,07	2,66	16,7

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
140 лет				
55	230,5	4,35	32,0	43,7
65	206,4	4,45	14,5	31,9
75	187,7	4,53	7,33	24,3
85	172,8	4,61	4,05	19,2
95	160,5	4,67	2,39	15,6
160 лет				
55	231,2	4,06	29,2	41,0
65	207,0	4,15	13,2	29,9
75	188,3	4,23	6,69	22,8
85	173,3	4,30	3,69	18,0
95	161,0	4,36	2,18	14,6
180 лет				
55	230,0	3,82	27,0	38,6
65	205,9	3,91	12,2	28,2
75	187,3	3,98	6,18	21,5
85	172,4	4,05	3,41	17,0
95	160,2	4,11	2,01	13,8
200 лет				
55	227,6	3,63	25,2	36,5
65	203,8	3,71	11,4	26,6
75	185,3	3,78	5,78	20,3
85	170,6	3,84	3,19	16,1
95	158,5	3,90	1,88	13,0
<b>3 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	63,8	21,8	239,8	103,7
65	57,1	22,3	108,5	75,6
75	52,0	22,7	55,0	57,7
85	47,8	23,1	30,4	45,6
95	44,4	23,4	17,9	36,9
20 лет				
55	150,2	12,9	112,5	98,3
65	134,5	13,2	50,9	71,7
75	122,3	13,4	25,8	54,7
85	112,6	13,6	14,2	43,2
95	104,6	13,8	8,4	35,0
40 лет				
55	276,2	7,99	57,3	85,7
65	247,2	8,17	25,9	62,5
75	224,9	8,32	13,1	47,7
85	207,0	8,5	7,25	37,7
95	192,3	8,6	4,28	30,5
60 лет				
55	351,7	6,18	40,1	76,2
65	314,8	6,32	18,1	55,6
75	286,4	6,44	9,20	42,4
85	263,6	6,55	5,08	33,5
95	244,9	6,64	3,00	27,1
80 лет				
55	396,6	5,21	31,7	68,9
65	355,0	5,32	14,3	50,3
75	322,9	5,42	7,27	38,4
85	297,2	5,51	4,01	30,3
95	276,1	5,60	2,37	24,5
100 лет				
55	422,7	4,58	26,6	63,1

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
65	378,4	4,69	12,1	46,0
75	344,2	4,78	6,11	35,1
85	316,8	4,85	3,37	27,7
95	294,3	4,93	1,99	22,5
120 лет				
55	437,0	4,15	23,3	58,3
65	391,2	4,24	10,5	42,6
75	355,8	4,32	5,34	32,5
85	327,5	4,39	2,95	25,6
95	304,3	4,46	1,74	20,8
140 лет				
55	443,4	3,82	20,9	54,4
65	397,0	3,90	9,44	39,7
75	361,1	3,98	4,78	30,3
85	332,4	4,04	2,64	23,9
95	308,8	4,10	1,56	19,4
160 лет				
55	444,7	3,56	19,0	51,0
65	398,1	3,64	8,61	37,2
75	362,1	3,71	4,36	28,4
85	333,3	3,77	2,41	22,4
95	309,7	3,83	1,42	18,2
180 лет				
55	442,4	3,36	17,6	48,0
65	396,1	3,43	7,96	35,0
75	360,3	3,50	4,03	26,7
85	331,6	3,56	2,23	21,1
95	308,1	3,61	1,31	17,1
200 лет				
55	437,8	3,19	16,4	45,4
65	391,9	3,26	7,43	33,1
75	356,5	3,32	3,77	25,3
85	328,1	3,38	2,08	20,0
95	304,8	3,43	1,23	16,2
<b>4 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	101,5	19,9	177,2	121,1
65	90,9	20,3	80,2	88,3
75	82,6	20,7	40,6	67,4
85	76,1	21,0	22,4	53,2
95	70,7	21,4	13,2	43,1
20 лет				
55	238,9	11,7	83,1	114,7
65	213,9	12,0	37,6	83,7
75	194,6	12,2	19,1	63,9
85	179,1	12,4	10,5	50,4
95	166,4	12,6	6,2	40,9
40 лет				
55	439,3	7,29	42,3	100,1
65	393,3	7,45	19,1	73,0
75	357,7	7,59	9,71	55,7
85	329,3	7,7	5,36	44,0
95	305,9	7,8	3,16	35,7
60 лет				
55	559,4	5,64	29,6	89,0
65	500,8	5,76	13,4	64,9
75	455,5	5,87	6,80	49,5

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
85	419,3	5,97	3,75	39,1
95	389,5	6,06	2,21	31,7
80 лет				
55	630,8	4,75	23,4	80,4
65	564,7	4,85	10,6	58,7
75	513,7	4,95	5,37	44,8
85	472,8	5,03	2,96	35,4
95	439,2	5,10	1,75	28,7
100 лет				
55	672,4	4,18	19,7	73,7
65	602,0	4,27	8,91	53,7
75	547,5	4,36	4,52	41,0
85	504,0	4,43	2,49	32,4
95	468,2	4,49	1,47	26,2
120 лет				
55	695,1	3,78	17,2	68,1
65	622,3	3,87	7,78	49,7
75	566,0	3,94	3,94	37,9
85	521,0	4,00	2,18	29,9
95	484,0	4,06	1,28	24,3
140 лет				
55	705,4	3,48	15,4	63,5
65	631,5	3,56	6,97	46,3
75	574,4	3,63	3,53	35,3
85	528,7	3,69	1,95	27,9
95	491,2	3,74	1,15	22,6
160 лет				
55	707,4	3,25	14,1	59,5
65	633,3	3,32	6,36	43,4
75	576,0	3,39	3,22	33,1
85	530,2	3,44	1,78	26,2
95	492,6	3,49	1,05	21,2
180 лет				
55	703,8	3,06	13,0	56,1
65	630,1	3,13	5,88	40,9
75	573,1	3,19	2,98	31,2
85	527,5	3,24	1,65	24,6
95	490,1	3,29	0,97	20,0
200 лет				
55	696,4	2,91	12,1	53,1
65	623,4	2,97	5,49	38,7
75	567,1	3,03	2,78	29,5
85	521,9	3,08	1,54	23,3
95	484,9	3,12	0,91	18,9
<b>5 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	145,4	18,5	140,1	136,5
65	130,2	18,9	63,4	99,6
75	118,4	19,3	32,1	76,0
85	109,0	19,6	17,7	60,0
95	101,3	19,9	10,5	48,6
20 лет				
55	342,4	10,9	65,7	129,4
65	306,6	11,2	29,7	94,39
75	278,9	11,4	15,1	72,0
85	256,7	11,6	8,3	56,9

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
95	238,5	11,7	4,9	46,1
40 лет				
55	629,6	6,78	33,5	112,9
65	563,7	6,94	15,1	82,4
75	512,7	7,07	7,68	62,9
85	471,9	7,2	4,24	49,6
95	438,4	7,3	2,50	40,2
60 лет				
55	801,8	5,25	23,4	100,4
65	717,8	5,37	10,6	73,2
75	652,9	5,47	5,37	55,9
85	601,0	5,56	2,97	44,1
95	558,3	5,64	1,75	35,8
80 лет				
55	904,1	4,42	18,5	90,7
65	809,4	4,52	8,37	66,2
75	736,2	4,61	4,24	50,5
85	677,7	4,68	2,34	39,9
95	629,6	4,75	1,38	32,3
100 лет				
55	963,8	3,89	15,6	83,1
65	862,8	3,98	7,04	60,6
75	784,8	4,05	3,57	46,3
85	722,4	4,12	1,97	36,5
95	671,1	4,18	1,16	29,6
120 лет				
55	996,3	3,52	13,6	76,8
65	891,9	3,60	6,15	56,0
75	811,3	3,67	3,12	42,8
85	746,7	3,73	1,72	33,8
95	693,7	3,78	1,02	27,4
140 лет				
55	1011,0	3,24	12,2	71,6
65	905,1	3,32	5,51	52,2
75	823,3	3,38	2,79	39,9
85	757,8	3,43	1,54	31,5
95	704,0	3,49	0,91	25,5
160 лет				
55	1013,9	3,03	11,1	67,1
65	907,7	3,09	5,03	49,0
75	825,7	3,15	2,55	37,4
85	760,0	3,20	1,41	29,5
95	706,0	3,25	0,83	23,9
180 лет				
55	1008,8	2,85	10,3	63,2
65	903,1	2,92	4,65	46,1
75	821,5	2,97	2,36	35,2
85	756,1	3,02	1,30	27,8
95	702,4	3,06	0,77	22,5
200 лет				
55	998,1	2,71	9,60	59,8
65	893,6	2,77	4,34	43,7
75	812,8	2,82	2,20	33,3
85	748,1	2,87	1,22	26,3
95	695,0	2,91	0,72	21,3

**Ель и пихта**

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
<b>1 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	60,2	24,6	23,9	21,3
65	49,1	28,6	20,1	24,1
75	41,3	32,5	17,4	26,8
85	35,5	36,5	15,2	29,4
95	31,0	40,3	13,6	31,9
20 лет				
55	123,9	10,9	12,6	19,1
65	101,1	12,7	10,6	21,7
75	85,0	14,5	9,16	24,1
85	73,0	16,2	8,05	26,4
95	63,7	18,0	7,17	28,7
40 лет				
55	212,2	5,67	6,90	17,1
65	173,2	6,60	5,81	19,3
75	145,5	7,52	5,01	21,5
85	125,0	8,42	4,40	23,6
95	109,2	9,32	3,92	25,6
60 лет				
55	267,1	4,15	4,93	15,9
65	218,0	4,83	4,15	18,0
75	183,2	5,50	3,58	20,1
85	157,3	6,16	3,14	22,0
95	137,4	6,81	2,80	23,9
80 лет				
55	302,7	3,43	3,91	15,2
65	247,1	3,99	3,29	17,2
75	207,6	4,54	2,84	19,1
85	178,3	5,09	2,49	20,9
95	155,7	5,63	2,22	22,7
100 лет				
55	326,4	3,01	3,28	14,6
65	266,4	3,50	2,76	16,5
75	223,9	3,99	2,38	18,3
85	192,2	4,47	2,09	20,1
95	167,9	4,95	1,87	21,8
120 лет				
55	342,3	2,74	2,85	14,1
65	279,4	3,19	2,40	16,0
75	234,7	3,63	2,07	17,7
85	201,6	4,07	1,82	19,5
95	176,1	4,50	1,62	21,1
140 лет				
55	352,8	2,55	2,54	13,7
65	288,0	2,97	2,13	15,5
75	242,0	3,38	1,84	17,2
85	207,8	3,79	1,62	18,9
95	181,5	4,19	1,44	20,5
160 лет				
55	359,6	2,41	2,30	13,4
65	293,5	2,81	1,93	15,1
75	246,6	3,20	1,67	16,8
85	211,8	3,58	1,46	18,5
95	185,0	3,96	1,30	20,0

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
180 лет				
55	363,6	2,31	2,10	13,1
65	296,7	2,68	1,77	14,8
75	249,3	3,06	1,53	16,5
85	214,1	3,42	1,34	18,1
95	187,0	3,79	1,20	19,6
200 лет				
55	365,5	2,22	1,95	12,8
65	298,3	2,59	1,64	14,5
75	250,7	2,95	1,41	16,1
85	215,3	3,30	1,24	17,7
95	188,1	3,65	1,11	19,2
<b>2 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	89,5	23,6	29,5	26,7
65	73,0	27,5	24,8	30,2
75	61,4	31,3	21,4	33,6
85	52,7	35,1	18,8	36,8
95	46,0	38,8	16,7	40,0
20 лет				
55	184,1	10,5	15,6	24,0
65	150,3	12,2	13,1	27,1
75	126,3	13,9	11,3	30,2
85	108,4	15,6	9,9	33,1
95	94,7	17,3	8,8	35,9
40 лет				
55	315,4	5,45	8,51	21,4
65	257,4	6,35	7,16	24,2
75	216,3	7,23	6,17	26,9
85	185,8	8,10	5,42	29,6
95	162,3	8,96	4,83	32,1
60 лет				
55	396,9	3,99	6,07	20,0
65	324,0	4,64	5,11	22,6
75	272,2	5,28	4,41	25,1
85	233,8	5,92	3,87	27,6
95	204,2	6,55	3,45	30,0
80 лет				
55	449,9	3,29	4,82	19,0
65	367,2	3,83	4,05	21,5
75	308,5	4,37	3,50	23,9
85	265,0	4,89	3,07	26,2
95	231,5	5,41	2,74	28,5
100 лет				
55	485,1	2,89	4,04	18,2
65	395,9	3,37	3,40	20,7
75	332,7	3,83	2,93	23,0
85	285,7	4,30	2,58	25,2
95	249,6	4,75	2,30	27,4
120 лет				
55	508,7	2,63	3,51	17,7
65	415,2	3,06	2,96	20,0
75	348,9	3,49	2,55	22,2
85	299,6	3,91	2,24	24,4
95	261,7	4,33	2,00	26,5

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
140 лет				
55	524,4	2,45	3,13	17,2
65	428,0	2,85	2,63	19,4
75	359,6	3,25	2,27	21,6
85	308,8	3,64	1,99	23,7
95	269,8	4,03	1,78	25,7
160 лет				
55	534,4	2,32	2,83	16,7
65	436,1	2,70	2,38	19,0
75	366,5	3,07	2,05	21,1
85	314,7	3,44	1,80	23,1
95	274,9	3,81	1,61	25,1
180 лет				
55	540,3	2,22	2,59	16,4
65	441,0	2,58	2,18	18,5
75	370,6	2,94	1,88	20,6
85	318,2	3,29	1,65	22,6
95	278,0	3,64	1,47	24,6
200 лет				
55	543,3	2,14	2,40	16,1
65	443,4	2,49	2,02	18,2
75	372,6	2,83	1,74	20,2
85	320,0	3,18	1,53	22,2
95	279,5	3,51	1,36	24,1
<b>3 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	112,84	23,1	28,6	30,4
65	92,1	26,8	24,0	34,4
75	77,4	30,6	20,7	38,3
85	66,5	34,3	18,2	42,0
95	58,1	37,9	16,2	45,6
20 лет				
55	232,1	10,3	15,1	27,3
65	189,5	12,0	12,7	31,0
75	159,2	13,6	10,9	34,4
85	136,7	15,3	9,62	37,8
95	119,4	16,9	8,57	41,0
40 лет				
55	397,6	5,33	8,25	24,4
65	324,5	6,20	6,94	27,6
75	272,7	7,06	5,99	30,7
85	234,2	7,91	5,26	33,7
95	204,6	8,75	4,69	36,6
60 лет				
55	500,5	3,90	5,89	22,8
65	408,5	4,53	4,96	25,8
75	343,2	5,16	4,28	28,7
85	294,8	5,78	3,76	31,5
95	257,5	6,40	3,35	34,2
80 лет				
55	567,2	3,22	4,67	21,7
65	463,0	3,75	3,93	24,5
75	389,0	4,27	3,39	27,3
85	334,1	4,78	2,98	29,9
95	291,8	5,29	2,66	32,5
100 лет				
55	611,7	2,83	3,92	20,8

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
65	499,2	3,29	3,30	23,6
75	419,5	3,75	2,85	26,2
85	360,3	4,20	2,50	28,7
95	314,7	4,65	2,23	31,2
120 лет				
55	641,4	2,57	3,41	20,1
65	523,5	2,99	2,87	22,8
75	439,9	3,41	2,47	25,3
85	377,8	3,82	2,17	27,8
95	330,0	4,23	1,94	30,2
140 лет				
55	661,2	2,40	3,03	19,6
65	539,6	2,79	2,55	22,2
75	453,4	3,17	2,20	24,6
85	389,4	3,56	1,93	27,0
95	340,1	3,94	1,72	29,4
160 лет				
55	673,8	2,26	2,74	19,1
65	549,9	2,64	2,31	21,6
75	462,1	3,00	1,99	24,0
85	396,8	3,36	1,75	26,4
95	346,6	3,72	1,56	28,6
180 лет				
55	681,3	2,17	2,51	18,7
65	556,0	2,52	2,12	21,1
75	467,2	2,87	1,83	23,5
85	401,3	3,22	1,60	25,8
95	350,5	3,56	1,43	28,0
200 лет				
55	685,0	2,09	2,33	18,3
65	559,0	2,43	1,96	20,7
75	469,8	2,77	1,69	23,1
85	403,4	3,10	1,48	25,3
95	352,4	3,43	1,32	27,5
<b>4 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	133,0	22,7	26,1	33,4
65	108,6	26,4	22,0	37,8
75	91,2	30,1	19,0	42,1
85	78,3	33,7	16,7	46,1
95	68,4	37,3	14,8	50,1
20 лет				
55	273,6	10,1	13,8	30,0
65	223,3	11,8	11,6	34,0
75	187,7	13,4	10,0	37,8
85	161,2	15,0	8,79	41,5
95	140,8	16,6	7,84	45,0
40 лет				
55	468,7	5,24	7,54	26,8
65	382,6	6,10	6,35	30,3
75	321,5	6,95	5,47	33,7
85	276,1	7,78	4,81	37,0
95	241,1	8,61	4,29	40,2
60 лет				
55	589,9	3,83	5,39	25,0
65	481,5	4,46	4,53	28,3
75	404,6	5,08	3,91	31,5

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
85	347,5	5,69	3,44	34,5
95	303,5	6,30	3,06	37,5
80 лет				
55	668,6	3,17	4,27	23,8
65	545,7	3,69	3,60	26,9
75	458,6	4,20	3,10	29,9
85	393,8	4,70	2,73	32,8
95	344,0	5,20	2,43	35,7
100 лет				
55	721,0	2,78	3,59	22,9
65	588,4	3,24	3,02	25,9
75	494,5	3,69	2,60	28,8
85	424,6	4,13	2,29	31,6
95	370,9	4,57	2,04	34,3
120 лет				
55	756,1	2,53	3,12	22,1
65	617,1	2,95	2,62	25,0
75	518,5	3,35	2,26	27,8
85	445,3	3,76	1,99	30,5
95	389,0	4,16	1,77	33,2
140 лет				
55	779,3	2,36	2,77	21,5
65	636,1	2,74	2,33	24,3
75	534,5	3,12	2,01	27,1
85	459,0	3,50	1,77	29,7
95	400,9	3,87	1,58	32,2
160 лет				
55	794,2	2,23	2,51	21,0
65	648,2	2,59	2,11	23,7
75	544,7	2,95	1,82	26,4
85	467,8	3,31	1,60	29,0
95	408,6	3,66	1,43	31,4
180 лет				
55	803,1	2,13	2,30	20,5
65	655,4	2,48	1,93	23,2
75	550,7	2,82	1,67	25,8
85	473,0	3,16	1,47	28,3
95	413,1	3,50	1,31	30,8
200 лет				
55	807,4	2,06	2,13	20,1
65	659,0	2,39	1,79	22,8
75	553,7	2,72	1,54	25,3
85	475,5	3,05	1,36	27,8
95	415,4	3,38	1,21	30,2
<b>5 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	151,1	22,4	23,4	35,9
65	123,3	26,1	19,7	40,7
75	103,6	29,7	17,0	45,2
85	89,0	33,3	14,9	49,6
95	77,7	36,8	13,3	53,9
20 лет				
55	310,8	10,0	12,4	32,3
65	253,7	11,6	10,4	36,5
75	213,2	13,2	8,98	40,6
85	183,1	14,8	7,89	44,6

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
95	159,9	16,4	7,03	48,4
40 лет				
55	532,5	5,18	6,77	28,8
65	434,6	6,02	5,69	32,6
75	365,2	6,86	4,91	36,3
85	313,6	7,69	4,32	39,8
95	274,0	8,50	3,85	43,2
60 лет				
55	670,2	3,78	4,83	26,9
65	547,0	4,40	4,07	30,4
75	459,6	5,01	3,51	33,8
85	394,7	5,62	3,08	37,1
95	344,8	6,22	2,75	40,3
80 лет				
55	759,6	3,13	3,83	25,6
65	620,0	3,64	3,23	28,9
75	520,9	4,14	2,78	32,2
85	447,4	4,64	2,44	35,3
95	390,8	5,14	2,18	38,3
100 лет				
55	819,1	2,75	3,22	24,6
65	668,5	3,20	2,71	27,8
75	561,7	3,64	2,33	30,9
85	482,4	4,08	2,05	33,9
95	421,4	4,51	1,83	36,8
120 лет				
55	858,9	2,50	2,80	23,8
65	701,0	2,91	2,35	26,9
75	589,1	3,31	2,03	29,9
85	505,9	3,71	1,78	32,8
95	441,9	4,11	1,59	35,7
140 лет				
55	885,4	2,33	2,49	23,1
65	722,6	2,71	2,09	26,2
75	607,2	3,08	1,80	29,1
85	521,5	3,46	1,59	31,9
95	455,5	3,82	1,41	34,7
160 лет				
55	902,3	2,20	2,25	22,5
65	736,4	2,56	1,89	25,5
75	618,8	2,92	1,63	28,4
85	531,4	3,27	1,43	31,1
95	464,2	3,61	1,28	33,8
180 лет				
55	912,3	2,10	2,06	22,1
65	744,6	2,45	1,74	25,0
75	625,7	2,79	1,50	27,8
85	537,3	3,12	1,32	30,5
95	469,4	3,46	1,17	33,1
200 лет				
55	917,3	2,03	1,91	21,6
65	748,6	2,36	1,61	24,5
75	629,1	2,69	1,39	27,2
85	540,2	3,01	1,22	29,9
95	471,9	3,33	1,09	32,4

**Береза**

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
<b>1 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	3,44	23,5	9,71	16,7
65	3,23	26,6	10,5	20,1
75	3,07	29,6	11,2	23,6
85	2,93	32,5	11,8	27,2
95	2,82	35,2	12,4	30,7
20 лет				
55	6,92	13,4	5,72	10,4
65	6,51	15,1	6,17	12,6
75	6,18	16,8	6,57	14,7
85	5,91	18,5	6,95	16,9
95	5,67	20,0	7,30	19,2
40 лет				
55	12,4	8,61	3,39	8,44
65	11,7	9,74	3,66	10,2
75	11,1	10,8	3,90	11,9
85	10,6	11,9	4,12	13,7
95	10,2	12,9	4,33	15,5
60 лет				
55	16,5	7,04	2,51	8,42
65	15,5	7,97	2,70	10,1
75	14,7	8,86	2,88	11,9
85	14,1	9,72	3,04	13,7
95	13,5	10,5	3,20	15,5
80 лет				
55	19,7	6,27	2,02	8,88
65	18,6	7,09	2,18	10,7
75	17,6	7,88	2,32	12,5
85	16,8	8,64	2,46	14,4
95	16,2	9,38	2,58	16,3
100 лет				
55	22,3	5,81	1,71	9,54
65	21,0	6,57	1,85	11,5
75	19,9	7,30	1,97	13,5
85	19,0	8,01	2,08	15,5
95	18,3	8,69	2,19	17,5
120 лет				
55	24,5	5,51	1,50	10,3
65	23,0	6,23	1,61	12,4
75	21,9	6,92	1,72	14,6
85	20,9	7,60	1,82	16,8
95	20,1	8,25	1,91	19,0
140 лет				
55	26,3	5,30	1,34	11,2
65	24,8	6,00	1,44	13,5
75	23,5	6,67	1,54	15,8
85	22,4	7,31	1,62	18,2
95	21,6	7,94	1,71	20,6
160 лет				
55	27,9	5,15	1,21	12,1
65	26,2	5,83	1,31	14,6
75	24,9	6,48	1,39	17,1
85	23,8	7,11	1,47	19,7
95	22,8	7,72	1,55	22,3

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
180 лет				
55	29,2	5,05	1,11	13,1
65	27,5	5,71	1,20	15,8
75	26,1	6,35	1,28	18,6
85	24,9	6,96	1,35	21,3
95	23,9	7,56	1,42	24,2
200 лет				
55	30,4	4,97	1,03	14,2
65	28,6	5,62	1,11	17,1
75	27,1	6,25	1,18	20,0
85	25,9	6,85	1,25	23,0
95	24,9	7,44	1,31	26,1
<b>2 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	29,8	20,5	12,7	37,6
65	28,0	23,2	13,7	45,3
75	26,6	25,8	14,6	53,1
85	25,4	28,3	15,5	61,1
95	24,4	30,8	16,3	69,2
20 лет				
55	60,0	11,7	7,5	23,4
65	56,4	13,2	8,1	28,2
75	53,6	14,7	8,6	33,1
85	51,2	16,1	9,1	38,1
95	49,1	17,5	9,6	43,1
40 лет				
55	107,4	7,52	4,45	19,0
65	101,0	8,51	4,80	22,9
75	95,9	9,46	5,11	26,8
85	91,6	10,4	5,41	30,8
95	88,0	11,3	5,68	34,9
60 лет				
55	142,9	6,15	3,29	18,9
65	134,5	6,96	3,54	22,8
75	127,6	7,73	3,78	26,8
85	121,9	8,48	3,99	30,8
95	117,1	9,21	4,19	34,8
80 лет				
55	170,8	5,47	2,65	20,0
65	160,7	6,19	2,86	24,1
75	152,6	6,88	3,05	28,2
85	145,7	7,55	3,22	32,4
95	139,9	8,19	3,39	36,7
100 лет				
55	193,4	5,07	2,25	21,5
65	182,0	5,73	2,42	25,8
75	172,7	6,37	2,58	30,3
85	165,0	6,99	2,73	34,9
95	158,5	7,59	2,87	39,5
120 лет				
55	212,2	4,81	1,97	23,2
65	199,6	5,44	2,12	28,0
75	189,5	6,05	2,26	32,8
85	181,0	6,63	2,39	37,7
95	173,8	7,20	2,51	42,7

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
140 лет				
55	228,0	4,63	1,75	25,2
65	214,5	5,24	1,89	30,3
75	203,6	5,82	2,02	35,6
85	194,5	6,38	2,13	40,9
95	186,8	6,93	2,24	46,3
160 лет				
55	241,5	4,50	1,59	27,3
65	227,2	5,09	1,71	32,9
75	215,6	5,66	1,83	38,6
85	206,0	6,21	1,93	44,3
95	197,8	6,74	2,03	50,2
180 лет				
55	253,1	4,41	1,46	29,5
65	238,1	4,99	1,57	35,6
75	226,0	5,54	1,68	41,7
85	215,9	6,08	1,77	48,0
95	207,3	6,60	1,86	54,3
200 лет				
55	263,2	4,34	1,35	31,9
65	247,6	4,91	1,46	38,4
75	235,0	5,46	1,55	45,1
85	224,5	5,98	1,64	51,8
95	215,6	6,50	1,72	58,7
<b>3 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	41,1	21,6	13,6	45,6
65	38,7	24,4	14,7	54,9
75	36,7	27,1	15,7	64,4
85	35,1	29,8	16,6	74,0
95	33,7	32,3	17,4	83,8
20 лет				
55	82,8	12,3	8,0	28,4
65	77,9	13,9	8,7	34,2
75	73,9	15,4	9,2	40,1
85	70,6	16,9	9,8	46,1
95	67,8	18,4	10,3	52,2
40 лет				
55	148,2	7,90	4,77	23,0
65	139,4	8,94	5,14	27,7
75	132,3	9,93	5,47	32,5
85	126,4	10,9	5,79	37,4
95	121,4	11,8	6,08	42,3
60 лет				
55	197,2	6,46	3,52	23,0
65	185,6	7,31	3,79	27,7
75	176,1	8,13	4,04	32,4
85	168,3	8,91	4,27	37,3
95	161,6	9,68	4,49	42,2
80 лет				
55	235,7	5,75	2,84	24,2
65	221,8	6,50	3,06	29,2
75	210,5	7,23	3,26	34,2
85	201,1	7,93	3,45	39,3
95	193,1	8,61	3,63	44,5
100 лет				
55	266,9	5,33	2,41	26,0

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
65	251,1	6,03	2,59	31,3
75	238,3	6,70	2,77	36,8
85	227,7	7,35	2,92	42,3
95	218,7	7,97	3,07	47,8
120 лет				
55	292,8	5,05	2,11	28,1
65	275,4	5,71	2,27	33,9
75	261,4	6,35	2,42	39,8
85	249,8	6,97	2,56	45,7
95	239,8	7,56	2,69	51,8
140 лет				
55	314,6	4,86	1,88	30,5
65	295,9	5,50	2,02	36,8
75	280,9	6,11	2,16	43,1
85	268,4	6,71	2,28	49,6
95	257,7	7,28	2,40	56,1
160 лет				
55	333,2	4,73	1,70	33,1
65	313,5	5,35	1,83	39,8
75	297,5	5,95	1,96	46,7
85	284,2	6,52	2,07	53,7
95	272,9	7,08	2,17	60,8
180 лет				
55	349,2	4,63	1,56	35,8
65	328,6	5,24	1,68	43,1
75	311,8	5,82	1,79	50,6
85	297,9	6,39	1,90	58,2
95	286,1	6,93	1,99	65,8
200 лет				
55	363,2	4,56	1,45	38,7
65	341,7	5,16	1,56	46,6
75	324,3	5,73	1,66	54,7
85	309,8	6,29	1,76	62,8
95	297,5	6,82	1,85	71,1
<b>4 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	33,88	23,7	13,8	46,0
65	31,9	26,8	14,8	55,5
75	30,3	29,8	15,8	65,1
85	28,9	32,7	16,7	74,8
95	27,8	35,5	17,5	84,7
20 лет				
55	68,3	13,5	8,1	28,7
65	64,2	15,2	8,7	34,6
75	61,0	16,9	9,3	40,6
85	58,2	18,6	9,8	46,6
95	55,9	20,2	10,3	52,8
40 лет				
55	122,2	8,67	4,81	23,2
65	115,0	9,81	5,18	28,0
75	109,1	10,9	5,52	32,8
85	104,2	12,0	5,83	37,8
95	100,1	13,0	6,13	42,7
60 лет				
55	162,6	7,09	3,55	23,2
65	153,0	8,02	3,82	27,9
75	145,2	8,91	4,07	32,8

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
85	138,7	9,78	4,31	37,7
95	133,2	10,6	4,53	42,7
80 лет				
55	194,4	6,31	2,86	24,4
65	182,9	7,13	3,09	29,5
75	173,6	7,93	3,29	34,5
85	165,8	8,70	3,48	39,7
95	159,2	9,44	3,65	45,0
100 лет				
55	220,1	5,84	2,43	26,3
65	207,1	6,61	2,62	31,7
75	196,5	7,35	2,79	37,1
85	187,8	8,06	2,95	42,7
95	180,3	8,75	3,10	48,3
120 лет				
55	241,4	5,54	2,12	28,4
65	227,1	6,27	2,29	34,3
75	215,6	6,97	2,44	40,2
85	205,9	7,64	2,58	46,2
95	197,8	8,30	2,71	52,3
140 лет				
55	259,4	5,34	1,89	30,8
65	244,0	6,04	2,04	37,1
75	231,6	6,71	2,17	43,6
85	221,3	7,36	2,30	50,1
95	212,5	7,99	2,42	56,7
160 лет				
55	274,7	5,19	1,72	33,4
65	258,5	5,87	1,85	40,3
75	245,3	6,52	1,97	47,2
85	234,4	7,15	2,08	54,3
95	225,0	7,77	2,19	61,5
180 лет				
55	287,9	5,08	1,57	36,2
65	270,9	5,75	1,70	43,6
75	257,1	6,39	1,81	51,1
85	245,7	7,01	1,91	58,8
95	235,9	7,61	2,01	66,5
200 лет				
55	299,5	5,00	1,46	39,1
65	281,7	5,66	1,57	47,1
75	267,4	6,29	1,67	55,2
85	255,5	6,90	1,77	63,5
95	245,3	7,49	1,86	71,9
<b>5 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	22,9	26,3	13,5	43,2
65	21,6	29,7	14,6	52,0
75	20,5	33,1	15,5	61,0
85	19,6	36,3	16,4	70,2
95	18,8	39,4	17,3	79,4
20 лет				
55	46,2	15,0	8,0	26,9
65	43,5	16,9	8,6	32,4
75	41,3	18,8	9,2	38,0
85	39,4	20,6	9,7	43,7

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
95	37,8	22,4	10,2	49,5
40 лет				
55	82,7	9,63	4,72	21,8
65	77,8	10,9	5,09	26,3
75	73,8	12,1	5,42	30,8
85	70,6	13,3	5,73	35,4
95	67,7	14,4	6,03	40,1
60 лет				
55	110,1	7,87	3,49	21,7
65	103,6	8,91	3,76	26,2
75	98,3	9,90	4,00	30,7
85	93,9	10,9	4,23	35,3
95	90,2	11,8	4,45	40,0
80 лет				
55	131,5	7,00	2,82	22,9
65	123,8	7,92	3,03	27,6
75	117,5	8,81	3,23	32,4
85	112,2	9,66	3,42	37,3
95	107,8	10,5	3,59	42,2
100 лет				
55	148,9	6,49	2,39	24,6
65	140,1	7,34	2,57	29,7
75	133,0	8,16	2,74	34,8
85	127,1	8,95	2,90	40,0
95	122,0	9,72	3,04	45,3
120 лет				
55	163,4	6,15	2,09	26,7
65	153,7	6,96	2,25	32,1
75	145,9	7,74	2,39	37,7
85	139,4	8,49	2,53	43,3
95	133,8	9,22	2,66	49,1
140 лет				
55	175,5	5,92	1,86	28,9
65	165,2	6,70	2,01	34,8
75	156,8	7,45	2,14	40,9
85	149,8	8,17	2,26	47,0
95	143,8	8,87	2,37	53,2
160 лет				
55	185,9	5,76	1,69	31,3
65	174,9	6,52	1,82	37,8
75	166,0	7,24	1,94	44,3
85	158,6	7,95	2,05	50,9
95	152,3	8,63	2,15	57,6
180 лет				
55	194,9	5,64	1,55	33,9
65	183,3	6,38	1,67	40,9
75	174,0	7,09	1,78	47,9
85	166,2	7,78	1,88	55,1
95	159,6	8,45	1,97	62,4
200 лет				
55	202,7	5,55	1,43	36,6
65	190,7	6,28	1,54	44,1
75	181,0	6,98	1,65	51,8
85	172,9	7,66	1,74	59,5
95	166,0	8,32	1,83	67,4

**Осина и тополи**

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
<b>2 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	79,1	22,9	19,5	24,6
65	108,1	24,5	19,5	22,4
75	141,2	26,0	19,5	20,6
85	178,4	27,3	19,5	19,2
95	219,6	28,6	19,5	18,1
20 лет				
55	59,5	13,4	10,9	39,2
65	81,2	14,3	10,9	35,7
75	106,2	15,2	10,9	32,9
85	134,1	16,0	10,9	30,7
95	165,1	16,7	10,9	28,8
40 лет				
55	59,7	8,69	6,13	50,4
65	81,6	9,30	6,13	45,8
75	106,6	9,85	6,13	42,2
85	134,7	10,4	6,13	39,4
95	165,8	10,8	6,13	37,0
60 лет				
55	68,5	7,10	4,37	52,7
65	93,5	7,59	4,37	48,0
75	122,2	8,05	4,37	44,2
85	154,4	8,46	4,37	41,2
95	190,1	8,85	4,37	38,7
80 лет				
55	80,1	6,28	3,43	52,1
65	109,4	6,72	3,43	47,4
75	143,0	7,13	3,43	43,7
85	180,7	7,50	3,43	40,7
95	222,4	7,84	3,43	38,2
100 лет				
55	93,6	5,79	2,85	50,3
65	127,9	6,20	2,85	45,8
75	167,2	6,57	2,85	42,2
85	211,2	6,91	2,85	39,3
95	260,0	7,23	2,85	36,9
120 лет				
55	108,8	5,46	2,45	48,1
65	148,6	5,85	2,45	43,7
75	194,2	6,20	2,45	40,3
85	245,4	6,52	2,45	37,6
95	302,0	6,82	2,45	35,3
140 лет				
55	125,4	5,23	2,15	45,7
65	171,4	5,60	2,15	41,6
75	223,9	5,93	2,15	38,4
85	282,9	6,24	2,15	35,7
95	348,2	6,53	2,15	33,6
160 лет				
55	143,5	5,06	1,93	43,4
65	196,1	5,41	1,93	39,5
75	256,2	5,74	1,93	36,4
85	323,7	6,04	1,93	33,9
95	398,5	6,31	1,93	31,9

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
180 лет				
55	163,1	4,93	1,75	41,2
65	222,9	5,27	1,75	37,5
75	291,2	5,59	1,75	34,5
85	367,9	5,88	1,75	32,2
95	452,9	6,15	1,75	30,2
200 лет				
55	184,2	4,83	1,60	39,1
65	251,7	5,17	1,60	35,6
75	328,8	5,47	1,60	32,8
85	415,4	5,76	1,60	30,5
95	511,4	6,02	1,60	28,7
<b>3 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	58,1	22,4	19,0	25,2
65	79,5	24,0	19,0	22,9
75	103,8	25,4	19,0	21,1
85	131,2	26,7	19,0	19,7
95	161,4	27,9	19,0	18,5
20 лет				
55	43,7	13,1	10,6	40,2
65	59,7	14,0	10,6	36,6
75	78,0	14,8	10,6	33,7
85	98,6	15,6	10,6	31,4
95	121,4	16,3	10,6	29,5
40 лет				
55	43,9	8,49	5,97	51,6
65	60,0	9,09	5,97	46,9
75	78,4	9,63	5,97	43,3
85	99,0	10,1	5,97	40,3
95	121,9	10,6	5,97	37,9
60 лет				
55	50,3	6,94	4,25	54,0
65	68,8	7,42	4,25	49,2
75	89,8	7,86	4,25	45,3
85	113,5	8,27	4,25	42,2
95	139,7	8,65	4,25	39,7
80 лет				
55	58,9	6,14	3,35	53,4
65	80,5	6,57	3,35	48,6
75	105,1	6,97	3,35	44,8
85	132,8	7,33	3,35	41,7
95	163,5	7,66	3,35	39,2
100 лет				
55	68,8	5,66	2,78	51,5
65	94,1	6,06	2,78	46,9
75	122,9	6,42	2,78	43,2
85	155,3	6,75	2,78	40,3
95	191,1	7,07	2,78	37,8
120 лет				
55	80,0	5,34	2,38	49,2
65	109,3	5,72	2,38	44,8
75	142,8	6,06	2,38	41,3
85	180,4	6,37	2,38	38,5
95	222,0	6,66	2,38	36,1

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
140 лет				
55	92,2	5,11	2,10	46,8
65	126,0	5,47	2,10	42,6
75	164,6	5,80	2,10	39,3
85	208,0	6,10	2,10	36,6
95	256,0	6,38	2,10	34,4
160 лет				
55	105,5	4,95	1,88	44,5
65	144,2	5,29	1,88	40,5
75	188,4	5,61	1,88	37,3
85	238,0	5,90	1,88	34,8
95	293,0	6,17	1,88	32,6
180 лет				
55	119,9	4,82	1,70	42,2
65	163,8	5,16	1,70	38,4
75	214,1	5,46	1,70	35,4
85	270,5	5,75	1,70	33,0
95	332,9	6,01	1,70	31,0
200 лет				
55	135,4	4,72	1,56	40,0
65	185,0	5,05	1,56	36,4
75	241,7	5,35	1,56	33,6
85	305,4	5,63	1,56	31,3
95	375,9	5,89	1,56	29,4
<b>4 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	74,0	23,0	19,3	24,5
65	101,1	24,6	19,3	22,3
75	132,0	26,1	19,3	20,5
85	166,8	27,4	19,3	19,1
95	205,4	28,7	19,3	18,0
20 лет				
55	55,6	13,4	10,8	39,0
65	76,0	14,4	10,8	35,5
75	99,3	15,2	10,8	32,8
85	125,4	16,0	10,8	30,5
95	154,4	16,7	10,8	28,7
40 лет				
55	55,8	8,72	6,06	50,1
65	76,3	9,33	6,06	45,6
75	99,7	9,89	6,06	42,1
85	125,9	10,4	6,06	39,2
95	155,0	10,9	6,06	36,8
60 лет				
55	64,0	7,12	4,32	52,5
65	87,5	7,62	4,32	47,8
75	114,3	8,07	4,32	44,0
85	144,4	8,49	4,32	41,0
95	177,7	8,89	4,32	38,5
80 лет				
55	74,9	6,31	3,40	51,9
65	102,3	6,75	3,40	47,2
75	133,7	7,15	3,40	43,5
85	168,9	7,52	3,40	40,5
95	208,0	7,87	3,40	38,1
100 лет				
55	87,6	5,81	2,82	50,1

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
65	119,6	6,22	2,82	45,6
75	156,3	6,59	2,82	42,0
85	197,5	6,93	2,82	39,1
95	243,1	7,25	2,82	36,7
120 лет				
55	101,7	5,48	2,42	47,9
65	139,0	5,87	2,42	43,5
75	181,6	6,22	2,42	40,1
85	229,4	6,54	2,42	37,4
95	282,4	6,84	2,42	35,1
140 лет				
55	117,3	5,25	2,13	45,5
65	160,2	5,62	2,13	41,4
75	209,4	5,95	2,13	38,2
85	264,5	6,26	2,13	35,6
95	325,6	6,55	2,13	33,4
160 лет				
55	134,2	5,08	1,90	43,2
65	183,4	5,43	1,90	39,3
75	239,6	5,76	1,90	36,3
85	302,7	6,06	1,90	33,8
95	372,6	6,34	1,90	31,7
180 лет				
55	152,5	4,95	1,73	41,0
65	208,4	5,29	1,73	37,3
75	272,3	5,61	1,73	34,4
85	344,0	5,90	1,73	32,0
95	423,5	6,17	1,73	30,1
200 лет				
55	172,2	4,85	1,58	38,9
65	235,3	5,18	1,58	35,4
75	307,5	5,49	1,58	32,6
85	388,5	5,78	1,58	30,4
95	478,2	6,05	1,58	28,6
<b>5 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	115,9	24,0	19,9	23,3
65	158,3	25,7	19,9	21,2
75	206,8	27,3	19,9	19,6
85	261,3	28,7	19,9	18,2
95	321,7	30,0	19,9	17,1
20 лет				
55	87,1	14,0	11,2	37,2
65	119,0	15,0	11,2	33,8
75	155,5	15,9	11,2	31,2
85	196,5	16,7	11,2	29,1
95	241,8	17,5	11,2	27,3
40 лет				
55	87,5	9,12	6,26	47,8
65	119,5	9,76	6,26	43,5
75	156,2	10,3	6,26	40,1
85	197,3	10,9	6,26	37,3
95	242,9	11,4	6,26	35,1
60 лет				
55	100,3	7,45	4,46	50,0
65	137,0	7,97	4,46	45,5
75	179,0	8,44	4,46	42,0

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
85	226,2	8,88	4,46	39,1
95	278,4	9,29	4,46	36,7
80 лет				
55	117,3	6,60	3,51	49,4
65	160,3	7,06	3,51	44,9
75	209,5	7,48	3,51	41,4
85	264,6	7,87	3,51	38,6
95	325,8	8,23	3,51	36,3
100 лет				
55	137,2	6,08	2,91	47,7
65	187,4	6,50	2,91	43,4
75	244,9	6,89	2,91	40,0
85	309,4	7,25	2,91	37,3
95	380,8	7,59	2,91	35,0
120 лет				
55	159,4	5,73	2,50	45,6
65	217,7	6,14	2,50	41,5
75	284,5	6,50	2,50	38,2
85	359,4	6,84	2,50	35,6
95	442,4	7,16	2,50	33,5
140 лет				
55	183,7	5,49	2,20	43,4

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
65	251,0	5,88	2,20	39,4
75	328,0	6,23	2,20	36,4
85	414,4	6,55	2,20	33,9
95	510,1	6,85	2,20	31,8
160 лет				
55	210,3	5,31	1,97	41,2
65	287,3	5,68	1,97	37,4
75	375,3	6,02	1,97	34,5
85	474,2	6,33	1,97	32,2
95	583,7	6,63	1,97	30,2
180 лет				
55	238,9	5,17	1,78	39,1
65	326,5	5,54	1,78	35,5
75	426,5	5,87	1,78	32,8
85	538,9	6,17	1,78	30,5
95	663,4	6,45	1,78	28,7
200 лет				
55	269,8	5,07	1,63	37,1
65	368,6	5,42	1,63	33,7
75	481,6	5,74	1,63	31,1
85	608,5	6,04	1,63	29,0
95	749,1	6,32	1,63	27,2

**Дуб**

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
<b>2 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	34,6	9,79	25,9	4,60
65	33,9	11,7	24,3	8,23
75	33,2	13,7	23,0	13,5
85	32,7	15,7	22,0	20,9
95	32,2	17,7	21,1	30,8
20 лет				
55	68,3	7,75	13,9	5,90
65	66,8	9,28	13,0	10,6
75	65,6	10,8	12,4	17,4
85	64,5	12,4	11,8	26,8
95	63,5	14,0	11,3	39,5
40 лет				
55	134,7	5,43	7,45	6,28
65	131,8	6,50	7,00	11,2
75	129,3	7,59	6,63	18,5
85	127,1	8,69	6,32	28,6
95	125,3	9,80	6,06	42,1
60 лет				
55	200,4	4,17	5,18	5,98
65	196,0	4,99	4,86	10,7
75	192,3	5,83	4,61	17,6
85	189,1	6,67	4,39	27,2
95	186,4	7,52	4,21	40,0
80 лет				
55	265,7	3,36	4,00	5,55
65	259,8	4,03	3,75	9,93
75	254,9	4,71	3,56	16,3
85	250,7	5,39	3,39	25,3
95	247,0	6,08	3,25	37,2

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
100 лет				
55	330,6	2,81	3,27	5,13
65	323,3	3,37	3,07	9,18
75	317,2	3,93	2,91	15,1
85	312,0	4,50	2,78	23,3
95	307,4	5,07	2,66	34,4
120 лет				
55	395,2	2,40	2,78	4,74
65	386,5	2,88	2,61	8,48
75	379,2	3,36	2,47	13,9
85	373,0	3,85	2,36	21,6
95	367,5	4,34	2,26	31,8
140 лет				
55	459,6	2,09	2,42	4,39
65	449,5	2,50	2,27	7,85
75	441,0	2,92	2,15	12,9
85	433,8	3,35	2,05	20,0
95	427,4	3,78	1,97	29,4
160 лет				
55	523,9	1,84	2,15	4,08
65	512,3	2,21	2,01	7,29
75	502,7	2,58	1,91	12,0
85	494,4	2,95	1,82	18,5
95	487,1	3,33	1,75	27,3
180 лет				
55	587,9	1,65	1,93	3,80
65	575,0	1,97	1,81	6,79
75	564,2	2,30	1,72	11,2
85	554,8	2,63	1,64	17,3
95	546,7	2,97	1,57	25,4

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
200 лет				
55	651,9	1,48	1,76	3,55
65	637,5	1,77	1,65	6,34
75	625,5	2,07	1,56	10,4
85	615,2	2,37	1,49	16,1
95	606,1	2,67	1,43	23,8
<b>3 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	22,34	13,1	22,6	6,05
65	21,8	15,7	21,2	10,8
75	21,4	18,3	20,1	17,8
85	21,1	20,9	19,2	27,5
95	20,8	23,6	18,4	40,5
20 лет				
55	44,1	10,4	12,1	7,76
65	43,1	12,4	11,4	13,9
75	42,3	14,5	10,8	22,8
85	41,6	16,6	10,3	35,3
95	41,0	18,7	9,9	52,0
40 лет				
55	86,9	7,25	6,51	8,26
65	85,0	8,69	6,11	14,8
75	83,4	10,1	5,79	24,3
85	82,0	11,6	5,52	37,6
95	80,8	13,1	5,30	55,3
60 лет				
55	129,2	5,56	4,53	7,86
65	126,4	6,66	4,25	14,1
75	124,0	7,78	4,02	23,1
85	122,0	8,91	3,84	35,8
95	120,2	10,0	3,68	52,7
80 лет				
55	171,3	4,49	3,50	7,30
65	167,5	5,38	3,28	13,1
75	164,4	6,28	3,11	21,5
85	161,7	7,20	2,96	33,2
95	159,3	8,12	2,84	48,9
100 лет				
55	213,2	3,75	2,86	6,75
65	208,5	4,50	2,68	12,1
75	204,5	5,25	2,54	19,9
85	201,2	6,01	2,43	30,7
95	198,2	6,78	2,33	45,2
120 лет				
55	254,8	3,21	2,43	6,24
65	249,2	3,84	2,28	11,2
75	244,5	4,49	2,16	18,3
85	240,5	5,14	2,06	28,4
95	237,0	5,80	1,97	41,8
140 лет				
55	296,4	2,79	2,11	5,77
65	289,9	3,35	1,98	10,3
75	284,4	3,91	1,88	17,0
85	279,7	4,47	1,79	26,3
95	275,6	5,04	1,72	38,7
160 лет				
55	337,8	2,46	1,88	5,36

ICKh	M	ZRa	ZRr	ZRu
65	330,4	2,95	1,76	9,59
75	324,1	3,45	1,67	15,8
85	318,8	3,95	1,59	24,4
95	314,1	4,45	1,52	35,9
180 лет				
55	379,1	2,20	1,69	4,99
65	370,8	2,63	1,58	8,93
75	363,8	3,07	1,50	14,7
85	357,8	3,52	1,43	22,7
95	352,5	3,97	1,37	33,5
200 лет				
55	420,3	1,98	1,53	4,67
65	411,1	2,37	1,44	8,35
75	403,3	2,77	1,36	13,7
85	396,7	3,17	1,30	21,2
95	390,8	3,57	1,25	31,3
<b>4 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	21,87	13,3	23,5	5,33
65	21,4	16,0	22,1	9,54
75	21,0	18,6	20,9	15,7
85	20,6	21,3	19,9	24,3
95	20,3	24,1	19,1	35,7
20 лет				
55	43,1	10,6	12,6	6,84
65	42,2	12,6	11,8	12,2
75	41,4	14,8	11,2	20,1
85	40,7	16,9	10,7	31,1
95	40,1	19,1	10,3	45,8
40 лет				
55	85,0	7,39	6,77	7,28
65	83,2	8,86	6,35	13,0
75	81,6	10,3	6,02	21,4
85	80,3	11,8	5,74	33,1
95	79,1	13,4	5,50	48,7
60 лет				
55	126,5	5,67	4,70	6,93
65	123,7	6,80	4,41	12,4
75	121,4	7,93	4,18	20,4
85	119,4	9,08	3,99	31,5
95	117,6	10,2	3,82	46,4
80 лет				
55	167,7	4,58	3,63	6,43
65	164,0	5,49	3,41	11,5
75	160,9	6,41	3,23	18,9
85	158,3	7,34	3,08	29,3
95	155,9	8,28	2,95	43,1
100 лет				
55	208,7	3,83	2,97	5,94
65	204,1	4,59	2,79	10,6
75	200,2	5,35	2,64	17,5
85	196,9	6,13	2,52	27,0
95	194,0	6,91	2,42	39,8
120 лет				
55	249,5	3,27	2,52	5,49
65	244,0	3,92	2,37	9,82
75	239,4	4,58	2,24	16,2

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
85	235,4	5,24	2,14	25,0
95	232,0	5,91	2,05	36,8
140 лет				
55	290,1	2,85	2,20	5,09
65	283,8	3,41	2,06	9,10
75	278,4	3,98	1,95	15,0
85	273,8	4,56	1,86	23,1
95	269,8	5,14	1,79	34,1
160 лет				
55	330,7	2,51	1,95	4,72
65	323,4	3,01	1,83	8,45
75	317,3	3,51	1,73	13,9
85	312,1	4,02	1,65	21,5
95	307,5	4,54	1,58	31,6
180 лет				
55	371,1	2,24	1,75	4,40
65	363,0	2,68	1,65	7,87
75	356,1	3,13	1,56	12,9
85	350,2	3,59	1,49	20,0
95	345,1	4,05	1,43	29,5
200 лет				
55	411,5	2,02	1,59	4,11
65	402,4	2,42	1,50	7,35
75	394,8	2,82	1,42	12,1
85	388,3	3,23	1,35	18,7
95	382,6	3,64	1,30	27,5
<b>5 зональный пояс</b>				
10 лет				
55	25,39	12,2	26,1	4,02
65	24,8	14,6	24,5	7,19
75	24,4	17,0	23,2	11,8
85	24,0	19,5	22,2	18,3
95	23,6	22,0	21,3	26,9
20 лет				
55	50,1	9,6	14,0	5,16
65	49,0	11,5	13,2	9,22
75	48,0	13,5	12,5	15,2
85	47,3	15,4	11,9	23,4
95	46,6	17,4	11,4	34,5
40 лет				
55	98,7	6,75	7,53	5,49
65	96,6	8,09	7,07	9,82
75	94,7	9,44	6,69	16,1
85	93,2	10,8	6,38	25,0
95	91,8	12,2	6,12	36,8
60 лет				
55	146,9	5,18	5,23	5,22

<i>ICKh</i>	<i>M</i>	<i>ZRa</i>	<i>ZRr</i>	<i>ZRu</i>
65	143,6	6,20	4,91	9,34
75	140,9	7,24	4,65	15,4
85	138,6	8,29	4,44	23,8
95	136,6	9,35	4,25	35,0
80 лет				
55	194,7	4,18	4,04	4,85
65	190,4	5,01	3,79	8,68
75	186,8	5,85	3,59	14,3
85	183,7	6,70	3,43	22,1
95	181,0	7,56	3,28	32,5
100 лет				
55	242,3	3,49	3,31	4,48
65	236,9	4,19	3,10	8,02
75	232,5	4,89	2,94	13,2
85	228,6	5,60	2,80	20,4
95	225,3	6,31	2,69	30,0
120 лет				
55	289,6	2,99	2,81	4,14
65	283,3	3,58	2,63	7,41
75	277,9	4,18	2,50	12,2
85	273,3	4,78	2,38	18,8
95	269,3	5,40	2,28	27,7
140 лет				
55	336,8	2,60	2,44	3,84
65	329,4	3,11	2,29	6,86
75	323,2	3,64	2,17	11,3
85	317,9	4,16	2,07	17,4
95	313,2	4,70	1,99	25,7
160 лет				
55	383,9	2,29	2,17	3,56
65	375,5	2,75	2,03	6,37
75	368,4	3,21	1,93	10,5
85	362,3	3,67	1,84	16,2
95	357,0	4,14	1,76	23,9
180 лет				
55	430,9	2,05	1,95	3,32
65	421,4	2,45	1,83	5,93
75	413,4	2,86	1,73	9,76
85	406,6	3,28	1,65	15,1
95	400,6	3,70	1,59	22,2
200 лет				
55	477,7	1,84	1,77	3,10
65	467,2	2,21	1,66	5,54
75	458,4	2,58	1,58	9,12
85	450,8	2,95	1,50	14,1
95	444,2	3,33	1,44	20,8

Приложение 9  
Фактические данные фитомассы и годичного прироста фитомассы деревьев сосны обыкновенной на европейском Севере (Казмиров и др., 1977) (обозначения в тексте)

№.	A, лет	D, см	N, шт./га	V, дм³	Фитомасса, кг							Годичный прирост фитомассы, кг						Бонитет	Тип леса	Код
					Ps	Pb	Pf	Pa	Pr	Zf	Zb	Zs	Zr	Zt	лет					
1	51	4.0	3484	5.0	2.3	0.4	0.3	3.0	0.6	0.09	0.04	0.04	0.04	0.21	4.7	Лищ.	1			
2	51	6.0	3484	12.0	5.7	0.9	0.7	7.3	1.4	0.22	0.09	0.16	0.10	0.57	4.7	Лищ.	1			
3	51	8.0	3484	25.0	12.4	1.7	1.2	15.3	2.9	0.37	0.17	0.39	0.20	1.1	4.7	Лищ.	1			
4	51	10.0	3484	42.0	20.1	2.9	1.9	24.9	4.9	0.57	0.29	0.80	0.34	2	4.7	Лищ.	1			
5	51	12.0	3484	63.0	30.0	4.7	2.8	37.5	7.2	0.83	0.48	1.3	0.5	2.8	4.7	Лищ.	1			
6	51	14.0	3484	90.0	43.0	7	3.9	53.9	10.0	1.2	0.73	1.9	0.7	4.5	4.7	Лищ.	1			
7	51	16.0	3484	123.0	58.3	10.1	5.2	73.6	14.0	1.6	1.04	2.5	1.0	6.1	4.7	Лищ.	1			
8	51	18.0	3484	160.0	76.6	13.9	6.7	97.2	18.0	2.1	1.4	3.1	1.3	7.9	4.7	Лищ.	1			
9	51	20.0	3484	204.0	97.1	18.5	8.4	124.0	23.0	2.6	1.9	3.7	1.6	9.8	4.7	Лищ.	1			
10	51	22.0	3484	251.0	120.6	23.8	10.2	154.6	28.0	3.2	2.5	4.3	2.0	12	4.7	Лищ.	1			
11	51	24.0	3484	304.0	145.0	29.9	12.1	187.0	34.0	3.8	3.1	4.9	2.4	14.2	4.7	Лищ.	1			
12	51	26.0	3484	358.0	172.0	36.7	14.1	222.8	40.0	4.4	3.8	5.5	2.8	16.5	4.7	Лищ.	1			
13	53	4.0	1632	5.0	2.03	0.4	0.3	2.73	0.6	0.08	0.04	0.04	0.04	0.20	3.7	Вер.	2			
14	53	6.0	1632	13.0	5.8	0.8	0.6	7.20	1.5	0.19	0.08	0.17	0.1	0.54	3.7	Вер.	2			
15	53	8.0	1632	26.0	12.4	1.6	1.1	15.1	3.0	0.34	0.15	0.40	0.21	1.1	3.7	Вер.	2			
16	53	10.0	1632	44.0	21.2	2.6	1.7	25.5	5.1	0.53	0.26	0.85	0.36	2	3.7	Вер.	2			
17	53	12.0	1632	66.0	31.1	4.3	2.6	38.0	7.5	0.78	0.43	1.4	0.53	3.1	3.7	Вер.	2			
18	53	14.0	1632	94.0	45.2	6.5	3.6	55.3	11.0	1.1	0.68	2	0.77	4.6	3.7	Вер.	2			
19	53	16.0	1632	128.0	61.5	9.3	4.8	75.6	15.0	1.5	0.97	2.7	1	6.2	3.7	Вер.	2			
20	53	18.0	1632	168.0	80.9	12.8	6.2	99.9	19.0	1.9	1.3	3.5	1.4	8.1	3.7	Вер.	2			
21	53	20.0	1632	213.0	102.4	17.2	7.8	127.4	24.0	2.4	1.8	4.3	1.7	10.2	3.7	Вер.	2			
22	53	22.0	1632	262.0	126.0	22.4	9.6	158.0	29.0	3	2.3	5.1	2.1	12.5	3.7	Вер.	2			
23	53	24.0	1632	316.0	152.0	28.4	11.5	191.9	35.0	3.6	2.9	5.8	2.5	14.8	3.7	Вер.	2			
24	53	26.0	1632	378.0	182.0	35.1	13.5	230.6	41.0	4.2	3.6	6.5	2.9	17.2	3.7	Вер.	2			
25	53	28.0	1632	442.0	213.0	42.6	15.6	271.2	48.0	4.8	4.4	7.2	3.4	19.8	3.7	Вер.	2			
26	53	30.0	1632	509.0	246.0	50.3	17.7	314.0	55.0	5.5	5.2	7.8	3.9	22.4	3.7	Вер.	2			
27	53	32.0	1632	584.0	281.0	58.3	19.9	359.2	62.0	6.2	6	8.4	4.4	25	3.7	Вер.	2			
28	53	34.0	1632	659.0	317.0	66.1	22.1	405.2	70.0	6.9	6.8	8.9	4.9	27.5	3.7	Вер.	2			
29	53	36.0	1632	738.0	355.0	73.7	24.4	453.1	78.0	7.6	7.6	9.4	5.5	30.1	3.7	Вер.	2			
30	53	38.0	1632	822.0	395.0	81.5	26.8	503.3	87.0	8.3	8.4	9.8	6.1	32.6	3.7	Вер.	2			
31	55	4.0	1482	5.0	2.03	0.3	0.2	2.5	0.7	0.07	0.03	0.05	0.05	0.2	3.3	Бр.	3			
32	55	6.0	1482	14.0	6.80	0.7	0.5	8.0	1.6	0.17	0.07	0.18	0.11	0.53	3.3	Бр.	3			
33	55	8.0	1482	27.0	12.5	1.3	0.9	14.7	3.2	0.28	0.13	0.42	0.22	1.1	3.3	Бр.	3			
34	55	10.0	1482	47.0	22.4	2.3	1.5	26.2	5.4	0.48	0.24	0.91	0.38	2	3.3	Бр.	3			
35	55	12.0	1482	70.0	33.3	3.8	2.3	39.4	8.0	0.71	0.39	1.6	0.56	3.3	3.3	Бр.	3			
36	55	14.0	1482	102.0	48.6	5.9	3.3	57.8	12.0	1	0.61	2.4	0.84	4.8	3.3	Бр.	3			
37	55	16.0	1482	139.0	66.0	8.5	4.4	78.9	16.0	1.4	0.88	3.3	1.1	6.7	3.3	Бр.	3			

№.	A, лет	D, см	N, шт./га	V, дм³	Фитомасса, кг							Годичный прирост фитомассы, кг					Бони-тет	Тип леса	Код
					P <sub>s</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>	P <sub>r</sub>	Z <sub>f</sub>	Z <sub>b</sub>	Z <sub>s</sub>	Z <sub>r</sub>	Z <sub>t</sub>					
1	51	4,0	3484	5,0	2,3	0,4	0,3	3,0	0,6	0,09	0,04	0,04	0,04	0,04	0,21	4,7	Лиш.	1	
38	55	18,0	1482	181,0	86,4	11,8	5,7	103,9	21,0	1,8	1,2	4,2	1,5	8,7	3,3	Бр.	3		
39	55	20,0	1482	230,0	110,1	15,9	7,2	133,2	26,0	2,2	1,6	5,1	1,8	10,7	3,3	Бр.	3		
40	55	22,0	1482	285,0	137,0	20,8	8,9	166,7	32,0	2,7	2,1	6	2,2	13	3,3	Бр.	3		
41	55	24,0	1482	343,0	165,0	26,4	10,7	202,1	38,0	3,3	2,7	7	2,6	15,6	3,3	Бр.	3		
42	55	26,0	1482	409,0	196,0	32,8	12,6	241,4	45,0	3,9	3,4	7,9	3,1	18,3	3,3	Бр.	3		
43	55	28,0	1482	478,0	230,0	39,9	14,6	284,5	52,0	4,5	4,1	8,7	3,6	20,9	3,3	Бр.	3		
44	55	30,0	1482	553,0	266,0	47,5	16,7	330,2	60,0	5,2	4,9	9,4	4,1	23,6	3,3	Бр.	3		
45	55	32,0	1482	632,0	304,0	55,4	18,9	378,3	67,0	5,9	5,7	10,1	4,7	26,4	3,3	Бр.	3		
46	60	4,0	1068	6,0	2,40	0,30	0,2	2,9	0,7	0,06	0,03	0,05	0,05	0,19	2,7	Ч.св.	4		
47	60	6,0	1068	15,0	6,90	0,50	0,4	7,8	1,7	0,14	0,06	0,19	0,12	0,51	2,7	Ч.св.	4		
48	60	8,0	1068	29,0	13,6	1,0	0,7	15,3	3,4	0,24	0,12	0,45	0,24	1	2,7	Ч.св.	4		
49	60	10,0	1068	49,0	23,5	1,8	1,2	26,5	5,7	0,39	0,21	0,95	0,4	1,9	2,7	Ч.св.	4		
50	60	12,0	1068	76,0	36,5	3,2	1,9	41,6	8,8	0,6	0,33	1,6	0,62	3,2	2,7	Ч.св.	4		
51	60	14,0	1068	109,0	51,9	5,0	2,8	59,7	13,0	0,9	0,53	2,5	0,89	4,8	2,7	Ч.св.	4		
52	60	16,0	1068	149,0	71,4	7,4	3,8	82,6	17,0	1,2	0,76	3,5	1,2	6,7	2,7	Ч.св.	4		
53	60	18,0	1068	194,0	93,0	10,4	5,0	108,4	22,0	1,6	1,1	4,5	1,6	8,8	2,7	Ч.св.	4		
54	60	20,0	1068	246,0	117,7	14,1	6,4	138,2	28,0	2	1,5	5,5	2	11	2,7	Ч.св.	4		
55	60	22,0	1068	304,0	146,0	18,7	8,0	172,7	34,0	2,5	1,9	6,5	2,4	13,3	2,7	Ч.св.	4		
56	60	24,0	1068	367,0	176,0	23,7	9,6	209,3	41,0	3	2,4	7,5	2,9	15,8	2,7	Ч.св.	4		
57	60	26,0	1068	435,0	209,0	29,6	11,4	250,0	46,0	3,5	3	8,5	3,4	18,4	2,7	Ч.св.	4		
58	60	28,0	1068	509,0	244,0	36,3	13,3	293,6	55,0	4,1	3,7	9,4	3,9	21,1	2,7	Ч.св.	4		
59	60	30,0	1068	589,0	283,0	43,5	15,3	341,8	64,0	4,7	4,4	10,3	4,4	23,8	2,7	Ч.св.	4		
60	60	32,0	1068	671,0	323,0	51,1	17,4	391,5	72,0	5,4	5,2	11,1	5	26,7	2,7	Ч.св.	4		
61	60	34,0	1068	760,0	364,0	58,7	19,6	442,3	81,0	6,1	6	11,7	5,7	29,5	2,7	Ч.св.	4		
62	60	36,0	1068	856,0	412,0	66,2	21,9	500,1	91,0	6,8	6,8	12,3	6,4	32,3	2,7	Ч.св.	4		
63	60	38,0	1068	952,0	459,0	74,0	24,3	557,3	101,0	7,5	7,6	12,7	7,1	34,9	2,7	Ч.св.	4		
64	60	40,0	1068	1060,0	515,0	81,8	26,8	623,6	111,0	8,3	8,4	13,1	7,8	37,6	2,7	Ч.св.	4		
65	62	4,0	1628	6,0	2,4	0,3	0,2	2,9	0,7	0,06	0,03	0,05	0,05	0,19	3	Ч.вл.	5		
66	62	6,0	1628	14,0	6,8	0,5	0,4	7,7	1,6	0,15	0,06	0,18	0,11	0,5	3	Ч.вл.	5		
67	62	8,0	1628	28,0	13,5	1,0	0,7	15,2	3,2	0,25	0,12	0,43	0,22	1	3	Ч.вл.	5		
68	62	10,0	1628	48,0	22,4	1,8	1,2	25,4	5,5	0,41	0,21	0,92	0,38	1,9	3	Ч.вл.	5		
69	62	12,0	1628	73,0	34,5	3,3	2,0	39,8	8,3	0,62	0,34	1,6	0,56	3,1	3	Ч.вл.	5		
70	62	14,0	1628	107,0	50,8	5,2	2,9	58,9	12,0	0,9	0,55	2,4	0,83	4,7	3	Ч.вл.	5		
71	62	16,0	1628	145,0	69,2	7,6	3,9	80,7	16,0	1,2	0,78	3,3	1,1	6,4	3	Ч.вл.	5		
72	62	18,0	1628	189,0	90,8	10,6	5,1	106,5	21,0	1,6	1,1	4,2	1,5	8,4	3	Ч.вл.	5		
73	62	20,0	1628	240,0	114,5	14,3	6,5	135,3	27,0	2	1,5	5,1	1,9	10,5	3	Ч.вл.	5		
74	62	22,0	1628	296,0	141	19,0	8,1	168,1	33,0	2,5	2	6	2,3	12,8	3	Ч.вл.	5		
75	62	24,0	1628	357,0	171	24,2	9,8	205,0	40,0	3	2,5	7	2,8	15,3	3	Ч.вл.	5		

Окончание приложения 9

№	A, лет	D, см	N, шт./га	V, дм³	Фитомасса, кг					Pr	Годичный прирост фитомассы, кг							Бони-лет	Тип леса	Код
					P <sub>s</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>f</sub>	P <sub>a</sub>	P <sub>r</sub>		Z <sub>f</sub>	Z <sub>b</sub>	Z <sub>s</sub>	Z <sub>r</sub>	Z <sub>t</sub>	Z <sub>t</sub>				
1	51	4,0	3484	5,0	2,3	0,4	0,3	3,0	0,6	0,09	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,21	4,7	Липш.	1	
76	62	26,0	1628	424,0	203	30,1	11,6	244,7	47,0	3,6	3,1	7,9	3,3	17,9	3	Ч.вл.	5			
77	62	28,0	1628	496,0	237	36,9	13,5	287,4	54,0	4,2	3,8	8,7	3,8	20,5	3	Ч.вл.	5			
78	62	30,0	1628	574,0	276	44,1	15,5	335,6	62,0	4,8	4,5	9,4	4,3	23	3	Ч.вл.	5			
79	62	32,0	1628	655,0	315	51,7	17,6	384,3	70,0	5,5	5,3	10,1	4,9	25,8	3	Ч.вл.	5			
80	62	34,0	1628	742,0	357	59,3	19,8	436,1	79,0	6,2	6,1	10,7	5,5	28,5	3	Ч.вл.	5			
81	62	36,0	1628	834,0	400	66,8	22,1	488,9	88,0	6,9	6,9	11,2	6,2	31,2	3	Ч.вл.	5			
82	62	38,0	1628	929,0	447	74,6	24,5	546,1	98,0	7,6	7,7	11,6	6,9	33,8	3	Ч.вл.	5			
83	62	40,0	1628	1033	498	82,3	27	607,3	108,0	8,4	8,5	11,9	7,6	36,4	3	Ч.вл.	5			
84	65	4,0	2216	5,0	2,3	0,3	0,2	2,8	0,6	0,07	0,03	0,04	0,04	0,18	4,4	К.-д.	6			
85	65	6,0	2216	13,0	5,8	0,8	0,6	7,2	1,5	0,17	0,07	0,17	0,1	0,51	4,4	К.-д.	6			
86	65	8,0	2216	26,0	12,4	1,4	1,0	14,8	3,0	0,29	0,14	0,4	0,21	1	4,4	К.-д.	6			
87	65	10,0	2216	46,0	21,3	2,4	1,6	25,3	5,1	0,49	0,25	0,8	0,36	1,9	4,4	К.-д.	6			
88	65	12,0	2216	68,0	32,2	4,0	2,4	38,6	7,6	0,73	0,41	1,3	0,53	3	4,4	К.-д.	6			
89	65	14,0	2216	98,0	46,4	6,1	3,4	55,9	11,0	1	0,63	1,9	0,77	4,3	4,4	К.-д.	6			
90	65	16,0	2216	133,0	63,7	8,9	4,6	77,2	15,0	1,3	0,91	2,6	1	5,8	4,4	К.-д.	6			
91	65	18,0	2216	173,0	83,1	12,4	6,0	101,5	20,0	1,7	1,3	3,3	1,4	7,7	4,4	К.-д.	6			
92	65	20,0	2216	220,0	105,7	16,5	7,5	129,7	25,0	2,2	1,7	4	1,8	9,7	4,4	К.-д.	6			
93	65	22,0	2216	270,0	129	21,5	9,2	159,7	31,0	2,8	2,2	4,7	2,2	11,9	4,4	К.-д.	6			
94	65	24,0	2216	329,0	157	27,4	11,1	195,5	37,0	3,4	2,8	5,4	2,6	14,2	4,4	К.-д.	6			
95	65	26,0	2216	391,0	187	34,3	13,1	234,4	43,0	4	3,5	6,1	3	16,6	4,4	К.-д.	6			
96	65	28,0	2216	458,0	220	41,2	15,1	276,3	50,0	4,6	4,2	6,8	3,5	19,1	4,4	К.-д.	6			
97	65	30,0	2216	527,0	253	48,8	17,2	319,0	57,0	5,3	5	7,4	4	21,7	4,4	К.-д.	6			
98	65	32,0	2216	602,0	289	56,8	19,4	365,2	64,0	6	5,8	7,9	4,5	24,2	4,4	К.-д.	6			
99	66	4,0	2120	5,0	2,3	0,3	0,2	2,8	0,6	0,07	0,03	0,04	0,04	0,18	4,7	Б.-с.д.	7			
100	66	6,0	2120	12,0	5,7	0,8	0,6	7,1	1,4	0,18	0,08	0,16	0,1	0,52	4,7	Б.-с.д.	7			
101	66	8,0	2120	25,0	12,4	1,4	1,0	14,8	2,9	0,31	0,15	0,39	0,2	1	4,7	Б.-с.д.	7			
102	66	10,0	2120	43,0	20,1	2,6	1,7	24,4	5,0	0,51	0,27	0,71	0,35	1,8	4,7	Б.-с.д.	7			
103	66	12,0	2120	64,0	30,0	4,2	2,5	36,7	7,3	0,77	0,43	1,1	0,51	2,8	4,7	Б.-с.д.	7			
104	66	14,0	2120	92,0	44,1	6,3	3,5	53,9	10,0	1,1	0,65	1,6	0,72	4,1	4,7	Б.-с.д.	7			
105	66	16,0	2120	125,0	59,4	9,1	4,7	73,2	14,0	1,4	0,94	2,1	1	5,4	4,7	Б.-с.д.	7			
106	66	18,0	2120	164,0	78,7	12,6	6,1	97,4	19,0	1,8	1,3	2,7	1,3	7,1	4,7	Б.-с.д.	7			
107	66	20,0	2120	208,0	99,2	16,7	7,6	123,5	24,0	2,3	1,8	3,3	1,7	9,1	4,7	Б.-с.д.	7			
108	66	22,0	2120	256,0	122,8	21,8	9,3	153,9	29,0	2,9	2,3	3,8	2,1	11,1	4,7	Б.-с.д.	7			
109	66	24,0	2120	311,0	149,0	27,7	11,2	187,9	35,0	3,5	2,9	4,3	2,5	13,2	4,7	Б.-с.д.	7			
110	66	26,0	2120	367,0	176,0	34,6	13,2	223,8	41,0	4,1	3,6	4,8	2,9	15,4	4,7	Б.-с.д.	7			
111	66	28,0	2120	429,0	206,0	41,5	15,2	262,7	47,0	4,7	4,3	5,3	3,3	17,6	4,7	Б.-с.д.	7			
112	66	30,0	2120	494,0	237,0	49,2	17,3	303,5	53,0	5,4	5,1	5,8	3,7	20	4,7	Б.-с.д.	7			
113	66	32,0	2120	565,0	272,0	57,2	19,5	348,7	60,0	6,1	5,9	6,3	4,2	22,5	4,7	Б.-с.д.	7			

Таблица возрастных трендов изменения запаса стволовой древесины и ПАА лесообразующих пород по зональным поясам и в пределах каждого – в связи с задаваемыми значениями индекса континентальности (обозначения см. в тексте)

**Сосна**

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
10	1	55	7,80	5,64
		65	7,52	3,20
		75	7,28	1,97
		85	7,08	1,29
		95	6,91	0,88
20	1	55	24,6	5,89
		65	23,7	3,34
		75	23,0	2,05
		85	22,3	1,34
		95	21,8	0,92
40	1	55	53,9	5,56
		65	51,9	3,15
		75	50,3	1,94
		85	48,9	1,27
		95	47,7	0,87
60	1	55	71,9	5,14
		65	69,3	2,91
		75	67,1	1,79
		85	65,3	1,17
		95	63,7	0,80
80	1	55	81,8	4,75
		65	78,8	2,70
		75	76,3	1,66
		85	74,2	1,08
		95	72,4	0,74
100	1	55	86,6	4,42
		65	83,4	2,51
		75	80,8	1,54
		85	78,6	1,01
		95	76,7	0,69
120	1	55	88,1	4,14
		65	84,9	2,35
		75	82,3	1,44
		85	80,0	0,94
		95	78,1	0,65
140	1	55	87,8	3,89
		65	84,6	2,21
		75	81,9	1,36
		85	79,7	0,89
		95	77,7	0,61
160	1	55	86,2	3,68
		65	83,0	2,08
		75	80,4	1,28
		85	78,2	0,84
		95	76,3	0,57
180	1	55	83,8	3,48
		65	80,8	1,98
		75	78,2	1,22
		85	76,1	0,79
		95	74,2	0,54

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
200	1	55	81,1	3,31
		65	78,1	1,88
		75	75,7	1,16
		85	73,6	0,76
		95	71,8	0,52
10	2	55	22,5	4,83
		65	21,7	2,74
		75	21,0	1,68
		85	20,5	1,10
		95	20,0	0,75
20	2	55	71,1	5,04
		65	68,5	2,86
		75	66,4	1,76
		85	64,6	1,15
		95	63,0	0,79
40	2	55	155,6	4,76
		65	149,9	2,70
		75	145,2	1,66
		85	141,3	1,09
		95	137,8	0,74
60	2	55	207,7	4,40
		65	200,1	2,49
		75	193,9	1,53
		85	188,5	1,00
		95	183,9	0,69
80	2	55	236,3	4,07
		65	227,7	2,31
		75	220,5	1,42
		85	214,5	0,93
		95	209,2	0,64
100	2	55	250,0	3,79
		65	240,9	2,15
		75	233,4	1,32
		85	227,0	0,86
		95	221,4	0,59
120	2	55	254,6	3,54
		65	245,3	2,01
		75	237,7	1,24
		85	231,1	0,81
		95	225,5	0,55
140	2	55	253,5	3,33
		65	244,3	1,89
		75	236,6	1,16
		85	230,1	0,76
		95	224,5	0,52
160	2	55	248,9	3,15
		65	239,8	1,78
		75	232,3	1,10
		85	225,9	0,72
		95	220,4	0,49

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
180		55	242,1	2,98
		65	233,3	1,69
		75	226,0	1,04
		85	219,8	0,68
		95	214,4	0,47
200		55	234,1	2,84
		65	225,6	1,61
		75	218,6	0,99
		85	212,6	0,65
		95	207,4	0,44
10		55	27,6	5,01
		65	26,6	2,84
		75	25,8	1,75
		85	25,1	1,14
		95	24,5	0,78
20		55	87,2	5,23
		65	84,0	2,97
		75	81,4	1,82
		85	79,2	1,19
		95	77,2	0,82
40		55	190,8	4,94
		65	183,9	2,80
		75	178,1	1,72
		85	173,2	1,13
		95	169,0	0,77
60		55	254,7	4,56
		65	245,4	2,59
		75	237,7	1,59
		85	231,2	1,04
		95	225,6	0,71
80	3	55	289,8	4,22
		65	279,2	2,39
		75	270,5	1,47
		85	263,0	0,96
		95	256,6	0,66
100		55	306,6	3,93
		65	295,5	2,23
		75	286,2	1,37
		85	278,4	0,90
		95	271,6	0,61
120		55	312,3	3,68
		65	300,9	2,09
		75	291,5	1,28
		85	283,5	0,84
		95	276,6	0,57
140		55	310,9	3,46
		65	299,6	1,96
		75	290,2	1,21
		85	282,2	0,79
		95	275,3	0,54
160		55	305,2	3,26
		65	294,1	1,85
		75	284,9	1,14
		85	277,1	0,74
		95	270,3	0,51

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
180		55	296,9	3,09
		65	286,1	1,75
		75	277,2	1,08
		85	269,6	0,71
		95	263,0	0,48
200		55	287,2	2,94
		65	276,7	1,67
		75	268,0	1,03
		85	260,7	0,67
		95	254,3	0,46
10		55	26,5	5,44
		65	25,6	3,09
		75	24,8	1,90
		85	24,1	1,24
		95	23,5	0,85
20		55	83,6	5,68
		65	80,6	3,22
		75	78,1	1,98
		85	75,9	1,30
		95	74,1	0,89
40		55	183,1	5,37
		65	176,4	3,05
		75	170,9	1,87
		85	166,2	1,22
		95	162,1	0,84
60		55	244,3	4,96
		65	235,4	2,81
		75	228,0	1,73
		85	221,8	1,13
		95	216,4	0,78
80	4	55	277,9	4,59
		65	267,8	2,60
		75	259,4	1,60
		85	252,3	1,05
		95	246,1	0,72
100		55	294,1	4,27
		65	283,4	2,42
		75	274,5	1,49
		85	267,0	0,97
		95	260,5	0,67
120		55	299,5	4,00
		65	288,6	2,27
		75	279,6	1,39
		85	271,9	0,91
		95	265,3	0,62
140		55	298,2	3,76
		65	287,3	2,13
		75	278,4	1,31
		85	270,7	0,86
		95	264,1	0,59
160		55	292,8	3,55
		65	282,1	2,01
		75	273,3	1,24
		85	265,8	0,81
		95	259,3	0,55

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
180	5	55	284,8	3,36
		65	274,5	1,91
		75	265,9	1,17
		85	258,6	0,77
		95	252,3	0,53
200	5	55	275,4	3,20
		65	265,4	1,81
		75	257,1	1,12
		85	250,0	0,73
		95	243,9	0,50
10	5	55	23,1	6,00
		65	22,2	3,40
		75	21,5	2,09
		85	21,0	1,37
		95	20,4	0,94
20	5	55	72,8	6,26
		65	70,1	3,55
		75	68,0	2,19
		85	66,1	1,43
		95	64,5	0,98
40	5	55	159,3	5,92
		65	153,5	3,36
		75	148,7	2,06
		85	144,6	1,35
		95	141,1	0,93
60	5	55	212,6	5,46
		65	204,9	3,10
		75	198,5	1,91
		85	193,0	1,25
		95	188,3	0,85
80	5	55	241,9	5,06
		65	233,1	2,87
		75	225,8	1,76

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
100	5	85	219,6	1,15
		95	214,2	0,79
		55	256,0	4,71
		65	246,7	2,67
		75	238,9	1,64
120	5	85	232,4	1,07
		95	226,7	0,74
		55	260,7	4,40
		65	251,2	2,50
		75	243,3	1,54
140	5	85	236,6	1,00
		95	230,9	0,69
		55	259,5	4,14
		65	250,1	2,35
		75	242,3	1,44
160	5	85	235,6	0,94
		95	229,9	0,65
		55	254,8	3,91
		65	245,5	2,22
		75	237,8	1,36
180	5	85	231,3	0,89
		95	225,7	0,61
		55	247,9	3,71
		65	238,9	2,10
		75	231,4	1,29
200	5	85	225,0	0,85
		95	219,6	0,58
		55	239,7	3,52
		65	231,0	2,00
		75	223,8	1,23
95	5	85	217,6	0,80
		95	212,3	0,55

### Лиственница

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
10	1	55	10,8	5,51
		65	9,70	4,91
		75	8,83	4,46
		85	8,13	4,09
		95	7,55	3,79
20	1	55	25,5	4,20
		65	22,8	3,75
		75	20,8	3,40
		85	19,1	3,12
		95	17,8	2,89
40	1	55	46,9	3,26
		65	42,0	2,91
		75	38,2	2,64
		85	35,2	2,42
		95	32,7	2,24
60	1	55	59,8	2,83
		65	53,5	2,53
		75	48,7	2,29
		85	44,8	2,10
		95	41,6	1,95

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
80	1	55	67,4	2,57
		65	60,3	2,30
		75	54,9	2,08
		85	50,5	1,91
		95	46,9	1,77
100	1	55	71,8	2,39
		65	64,3	2,14
		75	58,5	1,94
		85	53,8	1,78
		95	50,0	1,65
120	1	55	74,2	2,26
		65	66,5	2,02
		75	60,5	1,83
		85	55,7	1,68
		95	51,7	1,56
140	1	55	75,3	2,15
		65	67,5	1,92
		75	61,4	1,74
		85	56,5	1,60
		95	52,5	1,48

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
160		55	75,6	2,07
		65	67,6	1,84
		75	61,5	1,67
		85	56,6	1,54
		95	52,6	1,42
180		55	75,2	2,00
		65	67,3	1,78
		75	61,2	1,61
		85	56,3	1,48
		95	52,3	1,37
200		55	74,4	1,93
		65	66,6	1,73
		75	60,6	1,56
		85	55,8	1,44
		95	51,8	1,33
10		55	33,2	5,09
		65	29,7	4,54
		75	27,0	4,12
		85	24,9	3,78
		95	23,1	3,51
20		55	78,1	3,88
		65	69,9	3,46
		75	63,6	3,14
		85	58,5	2,88
		95	54,4	2,67
40		55	143,6	3,01
		65	128,5	2,69
		75	116,9	2,44
		85	107,6	2,24
		95	100,0	2,07
60		55	182,8	2,62
		65	163,7	2,34
		75	148,9	2,12
		85	137,0	1,95
		95	127,3	1,80
80	2	55	206,2	2,38
		65	184,6	2,12
		75	167,9	1,93
		85	154,5	1,77
		95	143,6	1,64
100		55	219,8	2,21
		65	196,7	1,97
		75	179,0	1,79
		85	164,7	1,64
		95	153,0	1,52
120		55	227,2	2,09
		65	203,4	1,86
		75	185,0	1,69
		85	170,3	1,55
		95	158,2	1,44
140		55	230,5	1,99
		65	206,4	1,78
		75	187,7	1,61
		85	172,8	1,48
		95	160,5	1,37
160		55	231,2	1,91
		65	207,0	1,71

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
		75	188,3	1,55
		85	173,3	1,42
		95	161,0	1,32
		55	230,0	1,84
		65	205,9	1,65
180		75	187,3	1,49
		85	172,4	1,37
		95	160,2	1,27
		55	227,6	1,79
		65	203,8	1,60
200		75	185,3	1,45
		85	170,6	1,33
		95	158,5	1,23
		55	63,8	4,86
		65	57,1	4,34
10		75	52,0	3,94
		85	47,8	3,61
		95	44,4	3,35
		55	150,2	3,71
		65	134,5	3,31
20		75	122,3	3,00
		85	112,6	2,76
		95	104,6	2,55
		55	276,2	2,88
		65	247,2	2,57
40		75	224,9	2,33
		85	207,0	2,14
		95	192,3	1,98
		55	351,7	2,50
		65	314,8	2,23
60		75	286,4	2,02
		85	263,6	1,86
		95	244,9	1,72
		55	396,6	2,27
		65	355,0	2,03
80	3	75	322,9	1,84
		85	297,2	1,69
		95	276,1	1,56
		55	422,7	2,11
		65	378,4	1,89
100		75	344,2	1,71
		85	316,8	1,57
		95	294,3	1,46
		55	437,0	2,00
		65	391,2	1,78
120		75	355,8	1,61
		85	327,5	1,48
		95	304,3	1,37
		55	443,4	1,90
		65	397,0	1,70
140		75	361,1	1,54
		85	332,4	1,41
		95	308,8	1,31
		55	444,7	1,83
		65	398,1	1,63
160		75	362,1	1,48
		85	333,3	1,36

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
180	4	95	309,7	1,26
		55	442,4	1,76
		65	396,1	1,57
		75	360,3	1,43
		85	331,6	1,31
200	4	95	308,1	1,21
		55	437,8	1,71
		65	391,9	1,52
		75	356,5	1,38
		85	328,1	1,27
10	4	95	304,8	1,18
		55	101,5	4,71
		65	90,9	4,20
		75	82,6	3,81
		85	76,1	3,50
20	4	95	70,7	3,24
		55	238,9	3,59
		65	213,9	3,20
		75	194,6	2,91
		85	179,1	2,67
40	4	95	166,4	2,47
		55	439,3	2,79
		65	393,3	2,49
		75	357,7	2,25
		85	329,3	2,07
60	4	95	305,9	1,92
		55	559,4	2,42
		65	500,8	2,16
		75	455,5	1,96
		85	419,3	1,80
80	4	95	389,5	1,67
		55	630,8	2,20
		65	564,7	1,96
		75	513,7	1,78
		85	472,8	1,63
100	4	95	439,2	1,51
		55	672,4	2,05
		65	602,0	1,83
		75	547,5	1,66
		85	504,0	1,52
120	4	95	468,2	1,41
		55	695,1	1,93
		65	622,3	1,72
		75	566,0	1,56
		85	521,0	1,43
140	4	95	484,0	1,33
		55	705,4	1,84
		65	631,5	1,64
		75	574,4	1,49
		85	528,7	1,37
160	4	95	491,2	1,27
		55	707,4	1,77
		65	633,3	1,58
		75	576,0	1,43
		85	530,2	1,31
180	4	95	492,6	1,22
		55	703,8	1,71
		65	630,1	1,52

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
200	5	75	573,1	1,38
		85	527,5	1,27
		95	490,1	1,17
		55	696,4	1,65
		65	623,4	1,47
10	5	75	567,1	1,34
		85	521,9	1,23
		95	484,9	1,14
		55	145,5	4,59
		65	130,2	4,10
20	5	75	118,4	3,71
		85	109,0	3,41
		95	101,3	3,16
		55	342,4	3,50
		65	306,6	3,12
40	5	75	278,9	2,83
		85	256,7	2,60
		95	238,5	2,41
		55	629,6	2,72
		65	563,7	2,42
60	5	75	512,7	2,20
		85	471,9	2,02
		95	438,4	1,87
		55	801,8	2,36
		65	717,8	2,11
80	5	75	652,9	1,91
		85	601,0	1,75
		95	558,3	1,63
		55	904,1	2,15
		65	809,4	1,91
100	5	75	736,2	1,74
		85	677,7	1,59
		95	629,6	1,48
		55	963,8	2,00
		65	862,8	1,78
120	5	75	784,8	1,61
		85	722,4	1,48
		95	671,1	1,37
		55	996,3	1,88
		65	891,9	1,68
140	5	75	811,3	1,52
		85	746,7	1,40
		95	693,7	1,30
		55	1011	1,80
		65	905,1	1,60
160	5	75	823,3	1,45
		85	757,8	1,33
		95	704,0	1,24
		55	1013	1,72
		65	907,7	1,54
180	5	75	825,7	1,39
		85	760,0	1,28
		95	706,0	1,19
		55	1009	1,66
		65	903,1	1,48
180	5	75	821,5	1,35
		85	756,1	1,24
		95	702,4	1,14

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
200		55	998,1	1,61
		65	893,6	1,44

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
		75	812,8	1,30
		85	748,1	1,20
		95	695,0	1,11

### Ель и пихта

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
10	1	55	61,0	1,55
		65	50,4	1,58
		75	42,7	1,60
		85	37,0	1,63
		95	32,5	1,65
20	1	55	119,2	0,95
		65	98,4	0,97
		75	83,4	0,99
		85	72,2	1,00
		95	63,5	1,01
40	1	55	199,3	0,66
		65	164,4	0,68
		75	139,5	0,69
		85	120,7	0,70
		95	106,2	0,71
60	1	55	250,4	0,57
		65	206,6	0,58
		75	175,2	0,59
		85	151,7	0,60
		95	133,5	0,61
80	1	55	285,1	0,53
		65	235,2	0,54
		75	199,5	0,55
		85	172,7	0,56
		95	152,0	0,56
100	1	55	309,5	0,50
		65	255,3	0,52
		75	216,6	0,52
		85	187,5	0,53
		95	165,0	0,54
120	1	55	327,0	0,49
		65	269,8	0,50
		75	228,8	0,51
		85	198,1	0,52
		95	174,3	0,52
140	1	55	339,8	0,48
		65	280,3	0,49
		75	237,7	0,50
		85	205,8	0,51
		95	181,1	0,52
160	1	55	349,0	0,48
		65	287,9	0,49
		75	244,2	0,50
		85	211,4	0,50
		95	186,0	0,51
180	1	55	355,6	0,48
		65	293,4	0,49
		75	248,8	0,50
		85	215,4	0,50
		95	189,5	0,51
200	1	55	360,3	0,48
		65	297,3	0,49

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
		75	252,1	0,49
		85	218,3	0,50
		95	192,0	0,51
10	2	55	90,3	1,35
		65	74,5	1,38
		75	63,2	1,41
		85	54,7	1,43
		95	48,1	1,45
20	2	55	176,5	0,83
		65	145,6	0,85
		75	123,5	0,86
		85	106,9	0,88
		95	94,0	0,89
40	2	55	295,0	0,58
		65	243,4	0,59
		75	206,4	0,60
		85	178,7	0,61
		95	157,2	0,62
60	2	55	370,6	0,50
		65	305,8	0,51
		75	259,3	0,52
		85	224,5	0,53
		95	197,5	0,54
80	2	55	422,0	0,46
		65	348,1	0,47
		75	295,2	0,48
		85	255,6	0,49
		95	224,9	0,49
100	2	55	458,1	0,44
		65	377,9	0,45
		75	320,5	0,46
		85	277,5	0,47
		95	244,1	0,47
120	2	55	484,0	0,43
		65	399,3	0,44
		75	338,7	0,45
		85	293,2	0,45
		95	258,0	0,46
140	2	55	502,8	0,42
		65	414,8	0,43
		75	351,8	0,44
		85	304,6	0,45
		95	268,0	0,45
160	2	55	516,5	0,42
		65	426,1	0,43
		75	361,4	0,44
		85	312,9	0,44
		95	275,3	0,45
180	2	55	526,3	0,42
		65	434,2	0,43
		75	368,3	0,43

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /за	Za/Pf
200		85	318,9	0,44
		95	280,5	0,45
		55	533,3	0,42
		65	440,0	0,43
		75	373,1	0,43
		85	323,0	0,44
		95	284,2	0,45
10		55	113,6	1,68
		65	93,7	1,71
		75	79,5	1,74
		85	68,8	1,77
		95	60,6	1,79
20		55	221,9	1,03
		65	183,1	1,05
		75	155,3	1,07
		85	134,4	1,09
		95	118,3	1,10
40		55	371,0	0,72
		65	306,1	0,74
		75	259,6	0,75
		85	224,8	0,76
		95	197,7	0,77
60		55	466,2	0,62
		65	384,6	0,63
		75	326,2	0,64
		85	282,4	0,65
		95	248,5	0,66
80		55	530,7	0,57
		65	437,9	0,59
		75	371,3	0,60
		85	321,5	0,60
		95	282,9	0,61
100		55	576,1	0,55
		65	475,3	0,56
		75	403,1	0,57
		85	349,0	0,58
		95	307,1	0,58
120		55	608,8	0,53
		65	502,2	0,54
		75	425,9	0,55
		85	368,8	0,56
		95	324,5	0,57
140		55	632,4	0,52
		65	521,8	0,53
		75	442,5	0,54
		85	383,1	0,55
		95	337,1	0,56
160		55	649,6	0,52
		65	536,0	0,53
		75	454,6	0,54
		85	393,5	0,55
		95	346,2	0,55
180		55	662,0	0,52
		65	546,2	0,53
		75	463,2	0,54
		85	401,0	0,55
		95	352,8	0,55

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /за	Za/Pf
200		55	670,7	0,52
		65	553,4	0,53
		75	469,3	0,54
		85	406,3	0,54
		95	357,5	0,55
10		55	133,7	2,22
		65	110,3	2,27
		75	93,5	2,31
		85	81,0	2,34
		95	71,2	2,37
20		55	261,2	1,37
		65	215,5	1,39
		75	182,7	1,42
		85	158,2	1,44
		95	139,2	1,46
40		55	436,6	0,95
		65	360,2	0,97
		75	305,5	0,99
		85	264,5	1,01
		95	232,7	1,02
60		55	548,5	0,82
		65	452,6	0,84
		75	383,8	0,85
		85	332,3	0,87
		95	292,4	0,88
80		55	624,5	0,76
		65	515,2	0,78
		75	437,0	0,79
		85	378,3	0,80
		95	332,8	0,81
100		55	677,9	0,73
		65	559,3	0,74
		75	474,3	0,75
		85	410,7	0,76
		95	361,3	0,78
120		55	716,3	0,71
		65	591,0	0,72
		75	501,2	0,73
		85	433,9	0,74
		95	381,8	0,75
140		55	744,2	0,69
		65	614,0	0,71
		75	520,7	0,72
		85	450,8	0,73
		95	396,6	0,74
160		55	764,4	0,69
		65	630,7	0,70
		75	534,9	0,71
		85	463,1	0,73
		95	407,4	0,74
180		55	779,0	0,69
		65	642,7	0,70
		75	545,1	0,71
		85	471,9	0,72
		95	415,2	0,73
200		55	789,2	0,69
		65	651,1	0,70

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
		75	552,2	0,71
		85	478,1	0,72
		95	420,6	0,73
10		55	151,7	2,98
		65	125,1	3,04
		75	106,1	3,09
		85	91,9	3,14
		95	80,8	3,18
20		55	296,3	1,83
		65	244,4	1,87
		75	207,3	1,90
		85	179,5	1,93
40	5	95	157,9	1,95
		55	495,3	1,28
		65	408,6	1,31
60		75	346,6	1,33
		85	300,0	1,35
		95	264,0	1,37
		55	622,3	1,10
80		65	513,4	1,12
		75	435,4	1,14
		85	377,0	1,16
100		95	331,7	1,18
		55	708,5	1,02
		65	584,5	1,04
		75	495,7	1,06
		85	429,2	1,07
		95	377,6	1,09
		55	769,1	0,97
		65	634,5	0,99

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
		75	538,1	1,01
		85	465,9	1,03
		95	409,9	1,04
120		55	812,7	0,95
		65	670,5	0,97
		75	568,6	0,98
		85	492,3	1,00
		95	433,1	1,01
140		55	844,3	0,93
		65	696,6	0,95
		75	590,8	0,97
		85	511,5	0,98
160		95	450,0	0,99
		55	867,3	0,92
		65	715,5	0,94
180		75	606,8	0,96
		85	525,4	0,97
		95	462,2	0,99
		55	883,8	0,92
200		65	729,1	0,94
		75	618,4	0,95
		85	535,4	0,97
		95	471,0	0,98
		55	895,4	0,92
		65	738,7	0,94
		75	626,5	0,95
		85	542,4	0,97
		95	477,2	0,98

**Береза**

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
10		55	2,46	1,21
		65	2,32	1,02
		75	2,21	0,88
		85	2,12	0,77
20		95	2,04	0,68
		55	4,99	1,13
		65	4,72	0,95
		75	4,49	0,82
40	1	85	4,31	0,72
		95	4,15	0,64
		55	8,75	1,03
		65	8,27	0,87
60		75	7,88	0,75
		85	7,56	0,66
		95	7,28	0,59
		55	11,4	0,97
80		65	10,7	0,82
		75	10,2	0,70
		85	9,81	0,62
		95	9,45	0,55
		55	13,3	0,93
		65	12,5	0,78
		75	11,9	0,67
		85	11,4	0,59

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
100		95	11,0	0,53
		55	14,7	0,89
		65	13,9	0,75
		75	13,2	0,65
		85	12,7	0,57
120		95	12,2	0,51
		55	15,8	0,86
		65	14,9	0,73
		75	14,2	0,63
140		85	13,6	0,55
		95	13,1	0,49
		55	16,6	0,84
		65	15,7	0,70
160		75	15,0	0,61
		85	14,4	0,53
		95	13,8	0,48
		55	17,3	0,82
180		65	16,4	0,69
		75	15,6	0,59
		85	15,0	0,52
		95	14,4	0,46
		55	17,9	0,80
		65	16,9	0,67

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
200		75	16,1	0,58
		85	15,4	0,51
		95	14,9	0,45
		55	18,3	0,78
		65	17,3	0,66
		75	16,5	0,57
		85	15,8	0,50
		95	15,2	0,44
		10		55
65	27,9			2,10
75	26,6			1,81
85	25,5			1,59
95	24,5			1,42
20		55	59,9	2,33
		65	56,7	1,96
		75	54,0	1,69
		85	51,7	1,48
		95	49,8	1,32
40		55	105,1	2,13
		65	99,4	1,79
		75	94,7	1,55
		85	90,8	1,36
		95	87,4	1,21
60		55	136,4	2,01
		65	128,9	1,69
		75	122,9	1,46
		85	117,8	1,28
		95	113,4	1,14
80		55	159,2	1,92
		65	150,5	1,61
		75	143,4	1,39
		85	137,4	1,22
		95	132,4	1,09
100		55	176,3	1,84
		65	166,7	1,55
		75	158,8	1,34
		85	152,2	1,17
		95	146,6	1,04
120		55	189,5	1,78
		65	179,2	1,50
		75	170,7	1,29
		85	163,7	1,13
		95	157,6	1,01
140		55	199,9	1,73
		65	188,9	1,46
		75	180,0	1,25
		85	172,6	1,10
		95	166,2	0,98
160		55	208,1	1,69
		65	196,7	1,42
		75	187,4	1,22
		85	179,7	1,07
		95	173,1	0,96
180		55	214,6	1,65
		65	202,9	1,38
		75	193,3	1,19
		85	185,3	1,05

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
200		95	178,5	0,93
		55	219,9	1,61
		65	207,8	1,35
		75	198,0	1,17
		85	189,8	1,03
		95	182,8	0,91
		10		55
65	40,0			1,86
75	38,1			1,60
85	36,5			1,40
95	35,2			1,25
20		55	85,9	2,06
		65	81,2	1,73
		75	77,3	1,49
		85	74,1	1,31
		95	71,4	1,17
40		55	150,6	1,89
		65	142,4	1,59
		75	135,6	1,37
		85	130,0	1,20
		95	125,3	1,07
60		55	195,4	1,78
		65	184,7	1,49
		75	176,0	1,29
		85	168,7	1,13
		95	162,5	1,01
80		55	228,1	1,69
		65	215,6	1,42
		75	205,4	1,23
		85	196,9	1,08
		95	189,7	0,96
100		55	252,6	1,63
		65	238,8	1,37
		75	227,5	1,18
		85	218,1	1,04
		95	210,1	0,92
120		55	271,6	1,58
		65	256,7	1,33
		75	244,6	1,14
		85	234,5	1,00
		95	225,8	0,89
140		55	286,4	1,53
		65	270,7	1,29
		75	257,9	1,11
		85	247,3	0,97
		95	238,2	0,87
160		55	298,1	1,49
		65	281,8	1,25
		75	268,5	1,08
		85	257,4	0,95
		95	247,9	0,85
180		55	307,5	1,46
		65	290,6	1,22
		75	276,9	1,06
		85	265,5	0,93
		95	255,7	0,83
200		55	315,0	1,42
		65	297,7	1,20

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
		75	283,7	1,03
		85	272,0	0,91
		95	261,9	0,81
10	4	55	33,4	1,58
		65	31,6	1,33
		75	30,1	1,15
		85	28,9	1,01
20	4	95	27,8	0,90
		55	67,9	1,48
		65	64,2	1,24
40	4	75	61,2	1,07
		85	58,6	0,94
		95	56,5	0,84
60	4	55	119,1	1,35
		65	112,6	1,14
		75	107,3	0,98
		85	102,8	0,86
80	4	95	99,0	0,77
		55	154,5	1,27
		65	146,1	1,07
		75	139,2	0,92
100	4	85	133,4	0,81
		95	128,5	0,72
		55	180,3	1,22
		65	170,4	1,02
120	4	75	162,4	0,88
		85	155,7	0,77
		95	150,0	0,69
		55	199,8	1,17
140	4	65	188,8	0,98
		75	179,9	0,85
		85	172,5	0,74
		95	166,1	0,66
160	4	55	214,7	1,13
		65	203,0	0,95
		75	193,4	0,82
		85	185,4	0,72
180	4	95	178,6	0,64
		55	226,4	1,10
		65	214,0	0,92
		75	204,0	0,80
200	4	85	195,5	0,70
		95	188,3	0,62
		55	235,7	1,07
		65	222,8	0,90
200	4	75	212,3	0,78
		85	203,5	0,68
		95	196,0	0,61
		55	243,1	1,04
200	4	65	229,8	0,88
		75	219,0	0,76
		85	209,9	0,66
		95	202,2	0,59
200	4	55	249,1	1,02
		65	235,4	0,86
		75	224,3	0,74

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
		85	215,0	0,65
		95	207,1	0,58
10	5	55	21,1	1,06
		65	19,9	0,89
		75	19,0	0,77
		85	18,2	0,68
20	5	95	17,5	0,60
		55	42,8	0,99
		65	40,4	0,84
40	5	75	38,5	0,72
		85	36,9	0,63
		95	35,6	0,56
		55	75,0	0,91
60	5	65	70,9	0,76
		75	67,6	0,66
		85	64,8	0,58
		95	62,4	0,52
80	5	55	97,3	0,86
		65	92,0	0,72
		75	87,7	0,62
		85	84,0	0,54
100	5	95	80,9	0,49
		55	113,6	0,82
		65	107,4	0,69
		75	102,3	0,59
120	5	85	98,1	0,52
		95	94,5	0,46
		55	125,8	0,79
		65	118,9	0,66
140	5	75	113,3	0,57
		85	108,6	0,50
		95	104,6	0,45
		55	135,3	0,76
160	5	65	127,8	0,64
		75	121,8	0,55
		85	116,8	0,48
		95	112,5	0,43
180	5	55	142,6	0,74
		65	134,8	0,62
		75	128,5	0,53
		85	123,2	0,47
200	5	95	118,6	0,42
		55	148,5	0,72
		65	140,4	0,60
		75	133,7	0,52
200	5	85	128,2	0,46
		95	123,5	0,41
		55	153,2	0,70
		65	144,8	0,59
200	5	75	137,9	0,51
		85	132,2	0,45
		95	127,4	0,40
		55	156,9	0,69
200	5	65	148,3	0,58
		75	141,3	0,50
		85	135,5	0,44
95	130,5	0,39		

**Осина и тополи**

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
10	2	55	22,0	6,31
		65	36,5	5,40
		75	56,4	4,72
		85	82,5	4,21
		95	115,6	3,79
20		55	27,7	4,78
		65	45,9	4,09
		75	71,0	3,58
		85	103,8	3,19
		95	145,5	2,88
40		55	34,8	3,63
		65	57,8	3,10
		75	89,3	2,72
		85	130,6	2,42
		95	183,1	2,18
60		55	39,8	3,09
		65	66,1	2,64
		75	102,1	2,31
		85	149,4	2,06
		95	209,4	1,86
80	55	43,8	2,75	
	65	72,7	2,35	
	75	112,4	2,06	
	85	164,3	1,83	
	95	230,4	1,65	
100	55	47,2	2,52	
	65	78,3	2,15	
	75	121,0	1,89	
	85	177,0	1,68	
	95	248,1	1,51	
120	55	50,1	2,34	
	65	83,2	2,00	
	75	128,5	1,75	
	85	188,0	1,56	
	95	263,5	1,41	
140	55	52,7	2,20	
	65	87,6	1,88	
	75	135,3	1,65	
	85	197,8	1,47	
	95	277,4	1,32	
160	55	55,1	2,09	
	65	91,5	1,79	
	75	141,4	1,56	
	85	206,8	1,39	
	95	289,9	1,25	
180	55	57,3	1,99	
	65	95,2	1,70	
	75	147,0	1,49	
	85	215,0	1,33	
	95	301,5	1,20	
200	55	59,3	1,91	
	65	98,6	1,63	
	75	152,2	1,43	
	85	222,7	1,27	
	95	312,2	1,15	

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
10	3	55	16,1	6,02
		65	26,7	5,16
		75	41,2	4,51
		85	60,3	4,02
		95	84,5	3,62
20		55	20,2	4,57
		65	33,6	3,91
		75	51,9	3,42
		85	75,9	3,05
		95	106,4	2,75
40		55	25,4	3,46
		65	42,3	2,97
		75	65,3	2,60
		85	95,5	2,31
		95	133,8	2,08
60		55	29,1	2,95
		65	48,3	2,52
		75	74,7	2,21
		85	109,2	1,97
		95	153,1	1,77
80	55	32,0	2,63	
	65	53,2	2,25	
	75	82,1	1,97	
	85	120,1	1,75	
	95	168,4	1,58	
100	55	34,5	2,40	
	65	57,3	2,06	
	75	88,4	1,80	
	85	129,4	1,60	
	95	181,4	1,45	
120	55	36,6	2,24	
	65	60,8	1,91	
	75	94,0	1,67	
	85	137,4	1,49	
	95	192,7	1,34	
140	55	38,5	2,10	
	65	64,0	1,80	
	75	98,9	1,57	
	85	144,6	1,40	
	95	202,8	1,26	
160	55	40,3	1,99	
	65	66,9	1,71	
	75	103,4	1,49	
	85	151,2	1,33	
	95	211,9	1,20	
180	55	41,9	1,90	
	65	69,6	1,63	
	75	107,5	1,42	
	85	157,2	1,27	
	95	220,4	1,14	
200	55	43,4	1,82	
	65	72,1	1,56	
	75	111,3	1,37	
	85	162,8	1,22	
	95	228,2	1,10	

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
10		55	23,0	5,67
		65	38,2	4,85
		75	59,0	4,25
		85	86,3	3,78
		95	121,0	3,41
20		55	29,0	4,30
		65	48,1	3,68
		75	74,3	3,22
		85	108,6	2,87
		95	152,3	2,59
40		55	36,4	3,26
		65	60,5	2,79
		75	93,5	2,44
		85	136,7	2,18
		95	191,7	1,96
60		55	41,7	2,77
		65	69,2	2,38
		75	106,9	2,08
		85	156,4	1,85
		95	219,3	1,67
80		55	45,8	2,47
		65	76,2	2,12
		75	117,6	1,85
		85	172,0	1,65
		95	241,2	1,49
100	4	55	49,4	2,26
		65	82,0	1,94
		75	126,7	1,70
		85	185,3	1,51
		95	259,7	1,36
120		55	52,4	2,10
		65	87,1	1,80
		75	134,6	1,58
		85	196,8	1,40
		95	275,9	1,27
140		55	55,2	1,98
		65	91,7	1,69
		75	141,6	1,48
		85	207,1	1,32
		95	290,4	1,19
160		55	57,7	1,88
		65	95,8	1,61
		75	148,0	1,41
		85	216,5	1,25
		95	303,5	1,13
180		55	60,0	1,79
		65	99,7	1,53
		75	153,9	1,34
		85	225,1	1,19
		95	315,6	1,08
200		55	62,1	1,72
		65	103,2	1,47
		75	159,4	1,29
		85	233,1	1,14
		95	326,8	1,03

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
10		55	42,4	5,33
		65	70,4	4,56
		75	108,7	3,99
		85	159,1	3,55
		95	223,0	3,20
20		55	53,3	4,04
		65	88,6	3,46
		75	136,8	3,03
		85	200,1	2,69
		95	280,6	2,43
40		55	67,1	3,06
		65	111,5	2,62
		75	172,2	2,30
		85	251,9	2,04
		95	353,1	1,84
60		55	76,8	2,61
		65	127,5	2,23
		75	197,0	1,95
		85	288,1	1,74
		95	403,9	1,57
80		55	84,5	2,32
		65	140,3	1,99
		75	216,7	1,74
		85	316,9	1,55
		95	444,3	1,40
100	5	55	90,9	2,13
		65	151,1	1,82
		75	233,3	1,59
		85	341,3	1,42
		95	478,5	1,28
120		55	96,6	1,98
		65	160,5	1,69
		75	247,9	1,48
		85	362,5	1,32
		95	508,3	1,19
140		55	101,7	1,86
		65	168,9	1,59
		75	260,9	1,39
		85	381,5	1,24
		95	534,9	1,12
160		55	106,3	1,76
		65	176,5	1,51
		75	272,7	1,32
		85	398,8	1,18
		95	559,1	1,06
180		55	110,5	1,68
		65	183,6	1,44
		75	283,5	1,26
		85	414,7	1,12
		95	581,4	1,01
200		55	114,4	1,61
		65	190,1	1,38
		75	293,6	1,21
		85	429,4	1,08
		95	602,1	0,97

Дуб

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
10		55	24,1	4,07
		65	23,6	3,85
		75	23,2	3,67
		85	22,8	3,53
		95	22,5	3,40
20		55	47,0	2,84
		65	46,0	2,69
		75	45,2	2,56
		85	44,6	2,46
		95	44,0	2,37
40		55	91,7	2,28
		65	89,8	2,15
		75	88,3	2,05
		85	87,0	1,97
		95	85,8	1,90
60		55	135,5	2,13
		65	132,8	2,02
		75	130,5	1,93
		85	128,6	1,85
		95	126,9	1,78
80		55	178,9	2,10
		65	175,3	1,98
		75	172,3	1,89
		85	169,7	1,82
		95	167,4	1,75
100	2	55	221,8	2,10
		65	217,4	1,99
		75	213,7	1,90
		85	210,5	1,82
		95	207,7	1,76
120		55	264,5	2,13
		65	259,2	2,02
		75	254,8	1,93
		85	250,9	1,85
		95	247,6	1,78
140		55	306,9	2,17
		65	300,8	2,06
		75	295,6	1,96
		85	291,2	1,88
		95	287,3	1,81
160		55	349,1	2,22
		65	342,1	2,10
		75	336,2	2,01
		85	331,2	1,92
		95	326,8	1,86
180		55	391,1	2,27
		65	383,3	2,15
		75	376,7	2,05
		85	371,0	1,97
		95	366,1	1,90
200		55	432,9	2,33
		65	424,3	2,21
		75	417,0	2,10
		85	410,7	2,02
		95	405,3	1,95

A	Zon	ICKh	M, м <sup>3</sup> /га	Za/Pf
10		55	23,1	3,84
		65	22,7	3,64
		75	22,3	3,47
		85	21,9	3,33
		95	21,7	3,21
20		55	45,1	2,68
		65	44,2	2,54
		75	43,5	2,42
		85	42,8	2,32
		95	42,3	2,24
40		55	88,1	2,15
		65	86,4	2,03
		75	84,9	1,94
		85	83,6	1,86
		95	82,5	1,79
60		55	130,3	2,01
		65	127,7	1,91
		75	125,5	1,82
		85	123,6	1,75
		95	122,0	1,68
80		55	172,0	1,98
		65	168,5	1,87
		75	165,6	1,79
		85	163,1	1,72
		95	161,0	1,65
100	3	55	213,3	1,99
		65	209,0	1,88
		75	205,4	1,79
		85	202,3	1,72
		95	199,6	1,66
120		55	254,3	2,01
		65	249,2	1,91
		75	244,9	1,82
		85	241,2	1,74
		95	238,0	1,68
140		55	295,0	2,05
		65	289,1	1,94
		75	284,2	1,85
		85	279,9	1,78
		95	276,2	1,71
160		55	335,6	2,10
		65	328,9	1,99
		75	323,2	1,89
		85	318,4	1,82
		95	314,1	1,75
180		55	376,0	2,15
		65	368,4	2,03
		75	362,1	1,94
		85	356,7	1,86
		95	351,9	1,79
200		55	416,2	2,20
		65	407,9	2,08
		75	400,9	1,99
		85	394,9	1,91
		95	389,6	1,84

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
10	4	55	22,5	3,20
		65	22,0	3,03
		75	21,7	2,89
		85	21,3	2,77
		95	21,1	2,67
20	4	55	43,9	2,23
		65	43,0	2,11
		75	42,3	2,01
		85	41,7	1,93
		95	41,1	1,86
40	4	55	85,7	1,79
		65	84,0	1,69
		75	82,5	1,62
		85	81,3	1,55
		95	80,2	1,49
60	4	55	126,7	1,68
		65	124,2	1,59
		75	122,0	1,51
		85	120,2	1,45
		95	118,6	1,40
80	4	55	167,2	1,65
		65	163,9	1,56
		75	161,1	1,49
		85	158,6	1,43
		95	156,5	1,38
100	4	55	207,4	1,65
		65	203,2	1,57
		75	199,7	1,49
		85	196,7	1,43
		95	194,1	1,38
120	4	55	247,2	1,68
		65	242,3	1,59
		75	238,2	1,51
		85	234,6	1,45
		95	231,4	1,40
140	4	55	286,9	1,71
		65	281,2	1,62
		75	276,3	1,54
		85	272,2	1,48
		95	268,6	1,43
160	4	55	326,3	1,75
		65	319,8	1,65
		75	314,3	1,58
		85	309,6	1,51
		95	305,5	1,46
180	4	55	365,6	1,79
		65	358,3	1,69
		75	352,1	1,61
		85	346,9	1,55
		95	342,2	1,49
200	4	55	404,7	1,83
		65	396,6	1,73
		75	389,8	1,65
		85	384,0	1,59
		95	378,8	1,53

A	Zon	ICKh	M, м³/га	Za/Pf
10	5	55	22,0	2,56
		65	21,6	2,42
		75	21,2	2,31
		85	20,9	2,22
		95	20,6	2,14
20	5	55	43,0	1,78
		65	42,1	1,69
		75	41,4	1,61
		85	40,8	1,55
		95	40,2	1,49
40	5	55	83,8	1,43
		65	82,2	1,35
		75	80,8	1,29
		85	79,5	1,24
		95	78,5	1,19
60	5	55	124,0	1,34
		65	121,5	1,27
		75	119,4	1,21
		85	117,6	1,16
		95	116,1	1,12
80	5	55	163,6	1,32
		65	160,4	1,25
		75	157,6	1,19
		85	155,2	1,14
		95	153,2	1,10
100	5	55	202,9	1,32
		65	198,9	1,25
		75	195,5	1,19
		85	192,5	1,15
		95	190,0	1,10
120	5	55	241,9	1,34
		65	237,1	1,27
		75	233,0	1,21
		85	229,5	1,16
		95	226,5	1,12
140	5	55	280,7	1,37
		65	275,1	1,29
		75	270,4	1,23
		85	266,3	1,18
		95	262,8	1,14
160	5	55	319,3	1,40
		65	312,9	1,32
		75	307,6	1,26
		85	303,0	1,21
		95	298,9	1,17
180	5	55	357,7	1,43
		65	350,6	1,35
		75	344,6	1,29
		85	339,4	1,24
		95	334,9	1,19
200	5	55	396,0	1,47
		65	388,1	1,39
		75	381,4	1,32
		85	375,7	1,27
		95	370,7	1,22

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>Введение</b> .....	4
<b>Глава 1. База данных о биологической продуктивности лесов Евразии</b> .....	9
<b>Глава 2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы лесообразующих древесных пород Евразии</b> .....	12
2.1. Общие замечания .....	12
2.2. Насаждения 2-хвойных сосен (подрод <i>Pinus</i> ) .....	34
2.2.1. Характеристика базы данных о фитомассе сосняков в лесах Евразии .....	34
2.2.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы сосняков Евразии .....	36
2.3. Насаждения лиственницы ( <i>Larix Mill.</i> ) .....	47
2.3.1. Характеристика базы данных о фитомассе лиственничников в лесах Евразии .....	47
2.3.2. Анализ биопродуктивности лиственничников (т/га) в пессимальных условиях трёх экорегионов .....	47
2.3.3. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы лиственничников Евразии .....	55
2.4. Насаждения ели и пихты ( <i>Picea Dietr.</i> и <i>Abies Mill.</i> ) .....	63
2.4.1. Характеристика базы данных о фитомассе елово-пихтарников в лесах Евразии .....	63
2.4.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы елово-пихтарников Евразии .....	65
2.5. Насаждения 5-хвойных (кедровых) сосен, или кедров (подрод <i>Parloxydon</i> (Koehne)) .....	72
2.5.1. Характеристика базы данных о фитомассе кедровников в лесах Евразии .....	72
2.5.2. Исследование межвидовых различий в структуре фитомассы древостоев кедров сибирского и корейского .....	74
2.5.3. Климатические градиенты фитомассы кедров сибирского и корейского в Азии .....	80
2.5.4. Географические закономерности распределения фитомассы кедрового стланика .....	91
2.6. Насаждения берёзы ( <i>Betula L.</i> ) .....	97
2.6.1. Характеристика базы данных о фитомассе березняков в лесах Евразии .....	97

2.6.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы березняков Евразии .....	100
2.7. Насаждения осины и тополей ( <i>Populus L.</i> ).....	105
2.7.1. Характеристика базы данных о фитомассе насаждений <i>Populus</i> в лесах Евразии .....	105
2.7.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы насаждений <i>Populus</i> Евразии .....	106
2.8. Насаждения дуба ( <i>Quercus L.</i> ) .....	112
2.8.1. Характеристика базы данных о фитомассе дубовых насаждений в лесах Евразии.....	112
2.8.2. Трансконтинентальные климатические градиенты фитомассы дубовых насаждений Евразии .....	114
Заключение по гл. 2.....	121

### **Глава 3. Трансконтинентальные климатические градиенты чистой первичной продукции (ЧПП) лесообразующих древесных пород**

<b>Евразии .....</b>	<b>123</b>
3.1. Общие замечания .....	123
3.2. Методы и результаты моделирования трансконтинентальных климатически обусловленных градиентов ЧПП.....	135
3.3. Обсуждение результатов .....	145
3.3.1. Изменение ЧПП древостоев по трансконтинентальному зональному градиенту .....	145
3.3.2. Изменение ЧПП древостоев по трансконтинентальному градиенту континентальности климата .....	149
3.3.3.Изменение ЧПП нижнего яруса по трансконтинентальным климатически обусловленным градиентам .....	152
3.3.4.Изменение отношения подземной ЧПП к надземной по трансконтинентальным климатически обусловленным градиентам...	153
3.3.5. Изменение отношения ЧПП нижнего яруса к общей ЧПП древостоя по трансконтинентальным климатически обусловленным градиентам.....	155
3.3.6. Географические закономерности изменения ЧПП насаждений 5-хвойных сосен (кедров) на территории Азии.....	155
Заключение по гл. 3.....	172

### **Глава 4. Трансконтинентальные климатические градиенты удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) лесообразующих древесных пород Евразии .....**

4.1. Общие замечания .....	174
4.2. Методы, результаты моделирования и их обсуждение.....	181

# Электронный архив УГЛТУ

4.3. Географические закономерности изменения УдЧПП насаждений 5-хвойных сосен (кедров) на территории Азии .....	188
4.3.1. <i>Исследование межвидовых различий в структуре УдЧПП древостоев кедровых сосен</i> .....	188
4.3.2. <i>Изменение УдЧПП кедровников по экорегионам Азии</i> .....	190
4.3.3. <i>УдЧПП насаждений кедрового стланика</i> .....	193
Заключение по гл. 4.....	194
<b>Глава 5. Продуктивность ассимиляционного аппарата (ПАА) лесообразующих древесных пород Евразии</b> .....	195
5.1. Общие замечания .....	195
5.1.1. <i>Взаимосвязь годичной продукции фитомассы с массой и по-верхностью ассимиляционного аппарата</i> .....	195
5.1.2. <i>Обзор результатов определения продуктивности ассимиляционного аппарата деревьев и древостоев</i> .....	200
5.1.3. <i>Распределение ассимилятов в фитомассе деревьев: законы или закономерности?</i> .....	204
5.1.4. <i>Моделирование изменения ПАА под влиянием экзо- и эндогенных экологических факторов по имеющимся литературным данным</i> .....	211
5.1.5. <i>Трансконтинентальные климатические градиенты продуктивности ассимиляционного аппарата (ПАА) лесообразующих древесных пород Евразии</i> .....	236
Заключение по гл. 4.....	239
<b>Общее заключение</b> .....	241
<b>Список литературы</b> .....	245
<b>Приложения</b> .....	272
<b>Оглавление</b> .....	381

Электронный архив УГЛТУ

*Научное издание*

**Усольцев Владимир Андреевич**

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ  
ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД В КЛИМАТИЧЕСКИХ  
ГРАДИЕНТАХ ЕВРАЗИИ  
(к менеджменту биосферных функций лесов)**

Компьютерная верстка *Ю.Б. Кошкина*

ISBN 978-5-94984-562-2



Подписано в печать 08.04.2016    Формат 70x100 1/8  
Тираж 300 экз.    Заказ 5603

Отпечатано в типографии  
ООО «Издательство УМЦ УПИ»  
г. Екатеринбург, ул. Гагарина, 35 а, оф. 2