

На правах рукописи



Норицина Юлия Владимировна

Биологическая продуктивность березы  
в связи с происхождением и географией насаждений

Специальность 06.03.02 – Лесоустройство и лесная таксация

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2009

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Залесов Сергей Вениаминович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор Соловьев Виктор Михайлович; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Галако Вадим Александрович

Ведущая организация – ФГОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет»

Защита состоится 25 декабря 2009 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36, ауд. 320.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан 20 ноября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент

А.Г. Магасумова

## ВВЕДЕНИЕ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Биологическая продуктивность является одной из основных видовых характеристик той или иной древесной породы, и ее повышение составляет основную задачу лесного хозяйства.

Реализация положений Киотского протокола в нашей стране рассматривается не только с точки зрения необходимости выполнения взятых обязательств по сокращению выбросов углеродсодержащих газов и по увеличению углерододепонирующей способности наших лесов, но и как средство оздоровления окружающей среды в тесной взаимосвязи с оздоровлением всей экономики (Швиденко и др., 2009). В рамках концепции устойчивого развития и предотвращения изменения климата особую значимость приобретают не только данные о биологической продуктивности лесов в статике, но и количественное описание ее изменений во времени и пространстве.

Эта проблема сегодня является актуальной на мировом уровне. Суть ее в том, что несмотря на все возрастающие темпы сведения лесов, необходимость стабилизации глобального углеродного баланса биоты требует повышения биологической продуктивности лесов, а наши знания о ее изменении в пространстве и времени остаются еще во многомrudиментарными (Houghton et al., 2009). Предпринимаются попытки на глобальном уровне оценить соотношение между чистой первичной продукцией (NPP – Net Primary Production) лесов (т.е. количеством фитомассы, произведенном на единице площади в единицу времени) и их наличной фитомассой, которое определяют как относительную NPP. Теоретической основой этого соотношения является положение о взаимосвязи структуры и функции лесов, поскольку те и другие обусловлены одними и теми же экологическими факторами (Keeling, Phillips, 2007).

Изменение биологической продуктивности лесов связывают с климатом, типом почв, уровнем солнечной радиации, влагообеспеченностью местообитания и различными лесохозяйственными мероприятиями. Но эти изменения рассматриваются обычно в связи лишь с одним из перечисленных факторов и не всегда описываются на количественном уровне, тогда как все внешние и внутренние воздействия на продуктивность лесов осуществляются одновременно и взаимосвязанно, и количественно описать этот комплекс воздействий можно только на основе методов математического моделирования.

Применительно к насаждению это означает, что недостаточно оценить его нынешнюю биопродуктивность, сопоставить ее характеристики на разных возрастных этапах, в разных эдафических и ценотических условиях и показать достоверность различий, а необходимо представить ее изменение под действием комплекса упомянутых факторов, которые принято называть маскообразующими. Лишь в этом случае появляется возможность вычленения

того или иного фактора при фиксированных уровнях остальных и последующего анализа биологической продуктивности насаждений в связи с факторами более высокого уровня: интенсивностью солнечной радиации, влагообеспеченностью территории, степенью континентальности климата и т.д.

Подобная концепция принята за основу в нашем исследовании биологической продуктивности березовых насаждений.

Исследования проводились в 2001-2009 гг. в рамках проектов «Оценка запасов углерода и углеродно-кислородного бюджета в лесных экосистемах Уральского региона», «Карттирование углерододепонирующей емкости лесных экосистем Уральского региона» и «Разработка системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Уральского региона», гранты РФФИ №№ 01-04-96424, 04-05-96083 и 07-07-96010.

**Цель и задачи исследования.** Цель диссертационной работы - изучение NPP березы как в абсолютных, так и в относительных показателях, в связи с происхождением и географией насаждений. В первом случае поставлена цель оценки биологической продуктивности (NPP и фитомассы) березняков семенного и порослевого происхождения в условиях колочных лесов юга Западно-Сибирской низменности, а во втором - проанализированы географические особенности изменения NPP березняков в пределах евразийского ареала, полученной: (а) по материалам сформированной базы данных и (б) по таблицам биологической продуктивности березняков.

В связи с поставленной целью конкретными задачами исследования были:

- изучить особенности структуры абсолютного и относительного показателей NPP березняков семенного и порослевого происхождений в условиях колочных лесов;
- составить нормативные таблицы для оценки абсолютного и относительного показателей NPP березняков семенного и порослевого происхождений на уровнях дерева и древостоя в колочных лесах;
- на основе привлеченных и собственных экспериментальных данных о фитомассе и NPP березовых древостоев в пределах евразийского ареала выявить зональные и провинциальные закономерности их распределения;
- разработать региональные таблицы биологической продуктивности березняков по фитомассе и абсолютной и относительной NPP и установить географические закономерности их распределения.

#### **На защиту выносятся следующие положения:**

- закономерности изменения абсолютной и относительной NPP деревьев по основным массообразующим показателям в сопоставлении берез семенного и порослевого происхождений;

- таблицы для определения абсолютной и относительной NPP деревьев березы семенного и порослевого происхождений по основным массообразующим показателям;
- зональные и провинциальные закономерности распределения NPP березняков, полученные по материалам сформированной базы данных, приведенных в сопоставимое состояние;
- региональные таблицы биологической продуктивности березняков в пределах их евразийского ареала;
- зональные и провинциальные закономерности распределения абсолютной и относительной NPP березняков в возрасте спелости, полученных по материалам сформированной базы данных и по таблицам биологической продуктивности насаждений;
- противоположные закономерности изменения абсолютной и относительной NPP спелых березняков: если первая возрастает по мере снижения индекса континентальности и увеличения суммы эффективных температур, то вторая при тех же условиях понижается.

**Научная новизна.** Впервые выполнена сравнительная оценка березняков семенного и порослевого происхождения по абсолютной и относительной NPP в условиях колочных лесов и установлены закономерности ее изменения по определяющим факторам. Собрана коллекция экспериментальных данных о надземной и подземной фитомассе и NPP березовых насаждений в пределах евразийского ареала. Это позволило впервые для березняков разработать систему универсальных региональных моделей для оценки NPP и проанализировать географические закономерности ее изменений, полученной: а) непосредственно по материалам пробных площадей и б) по таблицам биологической продуктивности березовых насаждений. Впервые обнаружены противоположные географические закономерности в изменении абсолютной и относительной NPP спелых березняков: если первая возрастает по мере снижения индекса континентальности и увеличения суммы эффективных температур, то вторая при тех же условиях понижается.

**Практическая значимость работы** состоит в разработке нормативных материалов, необходимых при расчетах углеродного бюджета лесных экосистем России, при реализации систем лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности и комплексного освоения березовых насаждений. Результаты работы могут быть полезны при разработке экологических программ разного уровня. Разработанные нормативы используются Северо-Казахстанским филиалом Казахского государственного института по проектированию лесного хозяйства и Научно-производственным центром лесного хозяйства «НПЦ ЛХ» в их практической деятельности (имеются справки о внедрении).

**Обоснованность выводов и предложений.** Использование обширного экспериментального материала и современных методов статистического анализа, системный подход при содержательном анализе фактических материалов и интерпретации полученных результатов, реализация задач на уровне многофакторных регрессионных моделей, использование современной вычислительной техники и адекватных компьютерных программ определяют обоснованность приведенных в диссертации выводов и предложений.

**Личное участие автора.** Все виды работ по теме диссертации от сбора экспериментального материала до анализа и обработки полученных результатов осуществлены автором или при ее участии.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований изложены на международной конференции молодых ученых «Леса Евразии в третьем тысячелетии» (Москва, 2001); всероссийской научно-практической конференции «Химико-лесной комплекс: проблемы и решения» (Красноярск, 2001); научно-технической конференции студентов и аспирантов УГЛТУ (Екатеринбург, 2002); всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (Вологда, 2003); 2-й международной научно-практической конференции «Экология: образование, наука, промышленность и здоровье» (Белгород, 2004); международных научно-технических конференциях «Актуальные проблемы лесного комплекса» (Брянск, 2004, 2007, 2008, 2009); международной научно-практической конференции «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития» (Брянск, 2004); международной научно-технической конференции «Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера» (Архангельск, 2004); всероссийской научной конференции с международным участием «Новые методы в дендроэкологии» (Иркутск, 2007); региональной научно-практической конференции «Региональные проблемы природопользования и охраны окружающей среды» (Курган, 2008).

**Публикации.** Основное содержание диссертации изложено в 21 печатной работе, в том числе 2 – в рецензируемых журналах (список ВАК).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 130 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и 6 приложений. Список использованной литературы включает 208 наименований, в том числе 36 иностранных. Текст иллюстрирован 16 рисунками и содержит 16 таблиц.

## ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Род *Betula* L. относится к семейству *Betulaceae* C.A. Agardh. и включает в себя около 120 видов, из которых в России произрастает почти 40 видов.

Березы пушистая и повислая, ранее объединяемые под общим названием березы белой, являются важнейшими лесообразующими породами и вместе с другими видами рода *Betula* занимают 14% лесопокрытой площади России и 60% площади лиственных пород. На Урале более 30% вырубаемых площадей хвойных лесов Среднего Урала возобновляется березой, и площади таких березняков постоянно растут. Как и в европейской тайге, доля березы в лесопокрытой площади здесь увеличивается по мере продвижения с севера на юг (Луганский, Лысов, 1991; Усольцева и др., 2002).

Определению фракционного состава надземной фитомассы березы посвящено много работ, при этом масса корней определялась сравнительно редко, часто без учета тонкой фракции (Смирнов, 1961, 1971; Паршевников, 1962; Поликарпов, 1962; Манаков, 1967; Поздняков, 1967; Ильюшенко, 1968; Таранков и др., 1970; Дюкарев, 1970; Чепурко, 1971; Кучко, Матюшкин, 1971, 1974; Молчанов, 1971, 1974; Макаренко, Луганский, 1973; Токмурзин, Байзаков, 1973; Митрофанов, 1977, 1978, 1983; Казимиров и др., 1978; Уткин и др., 1984; Ильяшенко, 1984; Спицына, 1990, 1996; Грибов, 1997; Lakida et al., 1995; Усольцев, 1997, 1998). Обычно исследования биопродуктивности березняков ограничиваются фитомассой, данных же по NPP березы значительно меньше (Колодченко, 1974; Казимиров и др., 1978; Ильяшенко, 1984; Ведрова и др., 2002).

При подведении итогов Международной биологической программы было опубликовано несколько сводок данных о фитомассе и NPP лесных насаждений (Уткин, 1970, 1975; Art, Marks, 1971; Vyskot, 1973a; Ulrich et al., 1974; Поздняков, 1975a; DeAngelis et al., 1981; Cannell, 1982; Kimmins et al., 1985). Все они далеко не полные, и назрела необходимость в формировании базы данных о NPP лесов, полученных в течение последних десятилетий.

В настоящее время имеются крайне противоречивые данные о взаимосвязи NPP и запаса фитомассы на 1 га. Согласно одним исследованиям зависимость фитомассы (на примере сосны *Pinus tabulaeformis*) от NPP – монотонно нарастающая, нелинейная, вогнутая (Fang et al., 1996), согласно другим – линейная (O'Neill, DeAngelis, 1981), а последние исследования на глобальном уровне (Keeling, Phillips, 2007) показали, что названная связь имеет колоколообразный характер: фитомасса на 1 га нарастает и достигает пика при NPP, равной 15-20 т/га в год, затем выходит на плато при NPP, равной 20-25 т/га в год, после чего постепенно снижается. Отношение первичной продукции к величине фитомассы (относительная NPP) характеризует скорость обновления органического вещества фитомассы и является одной из важнейших характеристик функционирования лесных экосистем (Базилевич и др., 1986). Для лесов Башкирии по данным Р.Ш. Кашапова (2002), названный относительный показатель составил 4%, а по данным О.В. Канунниковой

(2007) - 6,8%. Для подзоны южной тайги в Бурятии этот показатель установлен на уровне 1,06% (Тулохонов и др., 2006).

Признано, что наиболее информативной переменной при оценке фитомассы дерева  $P$  является диаметр ствола на высоте груди  $D$ , а лучшей формой их связи – аллометрическая (степенная) функция, имеющая биологическое обоснование (Кофман, 1986). Путем логарифмирования она приводится к линейному виду:

$$\ln P_i = a + b \ln D. \quad (1)$$

Известен (Усольцев, 1988) ее продвинутый вариант, включающий дополнительные переменные – высоту  $H$  и возраст дерева  $A$ :

$$\ln P_i = a + b \ln D + c \ln H + d \ln A, \quad (2)$$

Специальным исследованием (Платонов, 2006) установлено, что хотя уравнения (1) и (2) объясняют изменчивость фитомассы деревьев на уровне 99%, различия моделей, как (1), так и (2), рассчитанных для отдельных регионов, оказались статистически значимыми. Поэтому необходимы региональные нормативы оценки фитомассы и NPP деревьев для каждой породы.

Сравнительные исследования биологической продуктивности березы в связи с происхождением древостоев практически отсутствуют. Каких-либо сведений о географических закономерностях распределения на территории России NPP березняков в абсолютных и относительных показателях в литературе нет, отсутствуют региональные таблицы NPP березняков.

## ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА И ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на границе Северо-Казахстанской (Казахстан) и Тюменской (Россия) областей в Согровском лесхозе. Территория представляет собой плоскую равнину, со слабым уклоном к северу. Приведена краткая природная характеристика района исследования, описаны климат, рельеф и почвы, дана характеристика лесного фонда.

Для оценки надземной фитомассы и NPP чистых естественных березняков семенного и порослевого происхождения заложены соответственно 4 и 5 пробных площадей (табл. 1) в типе леса березняк свежий злаковый (Демидовская, 1958). Подобраны типичные для подзоны колочной лесостепи участки. Модельные деревья взяты в количестве 10 шт. на каждой пробной площади. Получены данные о структуре надземной фитомассы и NPP по 90 модельным деревьям, соответственно – 40 в семенных и 50 – в порослевых березняках в возрасте от 6 до 35 лет.

В процессе исследования собрана накопленная в литературных источниках информация о фактических значениях NPP и фитомассы березы, полу-

ченных на пробных площадях, и сформирована база данных в пределах евразийского ареала. Ее первый вариант, опубликованный нами совместно с В.А. Усольцевым, содержал в себе 62 определения, почерпнутых из 32 литературных источников (Усольцев и др., 2004). К настоящему времени она нами доведена до 101 определения (55 источников) и использована в качестве основы для выявления закономерностей изменения NPP березняков по зональному и провинциальному градиентам.

Таблица 1 - Таксационная характеристика древостоев пробных площадей, заложенных в подзоне колочной лесостепи

№ про- бы	Воз- раст, лет	Средние		Гус- тота, экз./га	Сумма пло- щадей сече- ний, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бони- тета
		диаметр, см	высота, м				
Древостои семенного происхождения							
1с	10	1,8	5,6	32110	8,1	30,4	Ia
2с	27	7,5	9,8	4340	19,0	95,0	I
3с	32	7,7	10,0	4111	19,2	102,0	II
4с	35	6,2	11,7	3890	11,9	73,6	II
Древостои порослевого происхождения							
1п	6	2,0	3,1	8610	2,82	6,8	II-III
2п	10	3,2	5,5	7560	6,27	23,6	II
3п	15	5,0	6,9	6932	13,8	56,2	II
4п	17	5,2	7,0	6724	14,3	56,8	III
5п	35	8,6	11,9	2873	16,8	110,2	III

Данные структурированы по природным зонам, провинциям и фракционному составу фитомассы и NPP. В частности, представлены отдельно названные показатели для стволов, ветвей, хвои, корней и нижнего яруса, куда вошли живой напочвенный покров, подрост и подлесок. Экспериментальные данные после нанесения на схему зонально-провинциального деления территории (Базилевич, Родин, 1967; Курнаев, 1973; Смагин и др., 1978) распределились по 21 экорегиону (в понимании А.З. Швиденко, 2000).

## ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Пробные площади закладывались согласно ОСТ 56-69-83. На них выполняли сплошной перечёт деревьев по ступеням толщины. Выборку модельных деревьев формировали в соответствии с рядом распределения деревьев по диаметру. Модельные деревья отбирались в августе месяце как средние по диаметру, высоте и размерам кроны для ступени толщины в пределах всего

диапазона варьирования их размеров. После рубки измерялись длина дерева и по годичным кольцам - его возраст. Ствол делили на 10 секций равной длины. На середине секций и на высоте груди определяли диаметры ствола в коре и без коры. После обрубки крону взвешивали с точностью 50 г на весах грузоподъемностью 10-20 кг. Затем секаторами отделяли древесную зелень – облистевые побеги толщиной 0,4-0,8 см и оставшийся скелет кроны вновь взвешивали.

Доля листвы в древесной зелени определялась по навескам, взятым в средней части кроны, и по ней рассчитывалась масса листвы всего дерева. Варьирование доли листвы в древесной зелени незначительное – около 5%. Масса листвы и скелета кроны переводилась на абсолютно сухое состояние термовесовым методом по взятым навескам. По данным обмера диаметров по 10 сечениям ствола рассчитаны объемы древесины и коры ствола. Диски, выпиленные в 10 сечениях ствола, делили на древесину и кору, взвешивали и термовесовым методом определяли базисную (условную) плотность, а на ее основе – фитомассу древесины и коры всего ствола.

Методы определения NPP деревьев отличаются большим разнообразием, работ по их оптимизации мало. Наиболее проблематична и соответственно связана с наибольшими неопределенностями оценка NPP ветвей деревьев (скелета кроны). В специальном сравнительном исследовании (Усольцев, Залесов, 2005) четырех наиболее употребительных методов установлено, что наименее трудоемким и достаточно точным методом оценки NPP ветвей дерева является предложение А.И. Русаленко и Е.Г. Петрова (1975), в соответствии с которым NPP определяется путем деления удвоенной массы ветвей на возраст кроны, измеренный по годичным кольцам у ее основания. Этот метод принят за основу в нашем исследовании. По точности он не уступает более трудоемкому методу с определением массы ветвей по 1-метровым секциям кроны и делением каждой на средний возраст секции (Уткин, 1975). NPP листвы березы принята равной ее фитомассе.

Текущий прирост деревьев и древостоев вследствие его циклических и случайных колебаний определяется обычно как среднепериодический. При уменьшении величины периода осреднения возрастает случайная ошибка определения, а при увеличении периода случайная ошибка снижается, но одновременно возрастает смещение оценок. В результате искажается связь действительной величины текущего годичного прироста с возрастом дерева или древостоя (Любич, 1963; Труль, Дольский, 1975; Антанайтис, Загреев, 1981).

Нами предпринята попытка конкретизировать названный феномен на примере порослевых березняков. По относительным высотам с интервалом 0,1 высоты дерева и на высоте 1,3 м у каждого модельного дерева взяты выпилы, на которых с помощью микроскопа МИ-1 с точностью 0,1 мм замерены

в двух направлениях диаметры за каждый год роста. Приросты в высоту определены путем “расчехления” радиальных приростов по каждому году по относительным высотам ствола. Текущие объемные приросты модельных деревьев определены по годичным слоям как суммарные приросты отрезков ствола.

Аналогичной процедурой с последующим пересчетом объемного прироста на весовой предварялось определение NPP ствола модельных деревьев на наших пробных площадях, заложенных в Согровском лесхозе. Объемный прирост пересчитан в показатели NPP древесины по базисной плотности. При этом принят период осреднения, равный 5 годам. NPP коры рассчитана по NPP древесины и соотношению масс древесины и коры ствола. Расчет фитомассы и NPP на единице площади выполнен регрессионным методом.

#### ГЛАВА 4. СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ И NPP БЕРЕЗЫ СЕМЕННОГО И ПОРОСЛЕВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЙ В КОЛОЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

При определении биологической продуктивности насаждений на лесопокрытых площадях необходимы региональные, обычно многофакторные зависимости и соответствующие таблицы фитомассы и NPP на уровне отдельных деревьев. С целью выяснить возможности оценки фракционного состава фитомассы и NPP деревьев березы по трем наиболее легко определяемым его показателям ( $H$ ,  $D$  и  $A$ ), а также выявить степень достоверности различий в названном составе у берез семенного и порослевого происхождения при одних и тех же значениях определяющих показателей с помощью бинарной переменной  $X$  (Дрейпер, Смит, 1973), по совокупности 90 определений фитомассы рассчитаны регрессионные уравнения:

$$\ln Pst = -4,8560 + 1,4165 \ln D + 0,4359 \ln H + 0,2141 (\ln D \ln H) + 0,7055 \ln A - 0,9759 (\ln A) X + 3,0258 X; R^2 = 0,988; \quad (3)$$

$$\ln Pf \text{ или } \ln Zf = -2,2010 + 1,5892 \ln D - 0,8198 \ln H + 0,2590 (\ln D \ln H) - 0,2338 \ln A - 0,2860 (\ln A) X + 0,9128 X; R^2 = 0,910; \quad (4)$$

$$\ln Pbr = -1,5548 + 0,3293 \ln D + 0,2893 (\ln D \ln H) + 0,6186 \ln Pf - 0,2702 (\ln A) X + 1,0002 X; R^2 = 0,957; \quad (5)$$

В уравнениях (3)-(5)  $Pst$ ,  $Pf$  и  $Pbr$  – масса ствола, листвы и ветвей, кг;  $X$  – бинарная переменная, равная 0 для семенных и 1 – для порослевых березняков.

Все константы в (3)-(5) статистически значимы на уровне  $t_{05}$ . Это означает, что при одних и тех же значениях высоты, диаметра и возраста дерева надземная фитомасса всех фракций на статистически достоверном уровне зависит от происхождения древостоя – семенного либо порослевого.

Путем последовательного табулирования уравнений (3), (4) и (5) для массы деревьев получены таблицы для оценки соответствующих фракций

фитомассы по двум входам – диаметру и высоте ствола – для четырех возрастов (10, 20, 30 и 40 лет) отдельно для семенных и порослевых березняков. Установлено, что разные фракции фитомассы изменяются в связи с массообразующими факторами в разной степени.

При поисковом исследовании смещений, вызванных величиной периода осреднения объемного прироста ствола, на пробных площадях, заложенных в порослевых насаждениях березы, для каждого модельного дерева вычисляли среднепериодические приrostы по высоте, диаметру на высоте 1,3 м и объему за различные периоды осреднения, т.е. за последние 10, 7, 5 и 3 года. Поскольку прирост дерева сильно варьирует в зависимости от его рангового положения в древостое, названные показатели переводились в безразмерные величины, т.е. за 100% принимался прирост с периодом осреднения 10 лет, а остальные, имеющие период осреднения 7, 5 либо 3 года, выражались в долях прироста, имеющего период осреднения 10 лет.

Установлено, что в возрасте 10-20 лет при увеличении периода осреднения с 3 до 10 лет объемный прирост занижается на 40-60%, а приrostы по диаметру и высоте завышаются на 13-30%, и причиной противоположных тенденций являются противоположные закономерности их возрастного изменения: возрастающая для объемного прироста и ниспадающая – для прироста линейных размеров. Если систематическая ошибка возрастает по мере увеличения периода осреднения, то среднеквадратическое отклонение, напротив, снижается, например, для объемного прироста в возрасте 16-18 лет, с 4,2 до 1,4 (см. табл. 4.2). Подтвержден вывод О.А. Трулля и Л.В. Дольского (1975) о том, что применение 10-летнего периода осреднения прироста следует ограничить, а базовой должна стать величина периода, равная 5 годам.

Исследование достоверности различий как объема ствола, так и объемного прироста, обусловленных происхождением березы, выполнено по вышеупомянутому массиву данных включающему 90 модельных деревьев. Рассчитаны уравнения для объема ствола в коре ( $V_{tot}$ , дм<sup>3</sup>) и его годичного прироста ( $ZV_{tot}$ , дм<sup>3</sup>):

$$\ln V_{tot} = -4,3148 + 1,3014 \ln D + 0,4436 \ln H + 0,8065 \ln A + 0,2228 (\ln D \ln H) - 0,7977 (\ln A) X + 2,6775 X; R^2 = 0,993; \quad (6)$$

$$\ln ZV_{tot} = -1,0249 + 0,4013 \ln H - 0,5460 \ln A + 0,7691 \ln V_{tot} + 0,0299 (\ln A) X; R^2 = 0,993. \quad (7)$$

По этому же массиву данных получены уравнения для NPP деревьев:

$$\ln Zst = -4,8688 + 1,1548 \ln D + 0,6860 \ln H + 0,1475 (\ln D \ln H) - 0,6883 (\ln A) X + 2,2422 X; R^2 = 0,981; \quad (8)$$

$$\ln Zbr = -0,8130 + 1,3544 \ln D - 0,7708 \ln H - 0,5384 \ln A + 0,6227 \ln Pf; R^2 = 0,906. \quad (9)$$

В уравнениях (4), (8) и (9)  $Zst$ ,  $Zf$  и  $Zbr$  – NPP соответственно ствола, листвы и ветвей, кг.

Путем табулирования уравнений (6) и (7) для объема и объемного прироста стволов и уравнений (8), (4) и (9) для NPP составлены таблицы для определения названных показателей по трем входам: диаметру, высоте и возрасту дерева. Далее установлено, что на начальном этапе роста его темпы у порослевых деревьев выше по сравнению с семенными, а затем это соотношение меняется на противоположное. Так, в возрасте 10 и 20 лет NPP порослевых деревьев превышает аналогичный показатель семенных соответственно на 47 и 10%, а уже в возрасте 30 и 40 лет NPP порослевых деревьев ниже соответствующего показателя семенных соответственно на 7 и 17%. Таблицы дают возможность проанализировать также изменения фракционной структуры NPP в зависимости от того или иного массообразующего фактора при фиксированных значениях остальных. Так, доля ствола в надземной NPP у семенных деревьев увеличивается с возрастом и в возрастах 10, 30 и 40 лет составляет соответственно 32, 36 и 39%, а у порослевых, наоборот, снижается и в тех же возрастах составляет соответственно 42, 36 и 35%.

Относительная NPP различается у берез семенного и порослевого происхождений: у первых в возрастах 10, 20, 30 и 40 лет относительная NPP составляет соответственно 29, 18, 13 и 11%, а у вторых соответственно 22, 18, 16, 14%. Иными словами, у семенных берез возрастное снижение скорости обновления органического вещества фитомассы протекает более интенсивно, чем у порослевых. Во II классе возраста деревья семенного и порослевого происхождений имеют одинаковые значения относительной NPP. Перечисленные различия в динамике показателей семенных и порослевых берез статистически достоверны, поскольку значимость констант при бинарной переменной в уравнениях (4), (6)-(9) превышает 2,0.

Экспериментальные значения запасов фитомассы и NPP березы на пробных площадях в расчете на 1 га приведены в табл. 2. Для установления зависимости фитомассы и NPP (т/га) от происхождения березы данные табл. 2 подвергнуты статистическому анализу с использованием бинарной переменной X. Для семенных березняков принято значение X = 0, для порослевых X = 1. Сопоставление выполнено посредством рекурсивного совмещения двух совокупностей уравнений, одна из которых рассчитана для морфоструктурных характеристик ( $S_i$ ):

$$\ln S_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 (\ln A)^2 + a_3 X (\ln A) + a_4 X, \quad (10)$$

где  $S_i$  – одна из морфоструктурных характеристик древостоя: средний диаметр ( $D$ , см), средняя высота ( $H$ , м), число стволов на 1 га ( $N$ , тыс. экз/га).

Вторая совокупность уравнений рассчитана для фитомассы ( $P_i$ , т/га) и NPP ( $Z_i$ , т/га):

$$\ln P_i \text{ или } (\ln Z_i) = a_0 + a_1 (\ln A) (\ln N) + a_2 X (\ln N) + a_3 X (\ln A) + a_4 X. \quad (11)$$

Таблица 2 - Биопродукционная характеристика древостоев пробных площадей, заложенных в подзоне колочной лесостепи

Воз- раст, лет	Абсолютно сухая фитомасса, т/га					NPP фитомассы, т/га				
	ство- лов, всего	в т.ч. коры	листь- ев	вет- вей	Все- го	ство- лов, всего	в т.ч. коры	лис- тьев	вет- вей	Все- го
Семенные березняки										
10	15,19	2,48	3,32	4,21	22,71	2,75	0,47	3,32	0,91	6,99
27	49,39	10,06	2,00	5,19	56,57	3,70	0,75	2,00	0,50	6,20
32	52,04	11,74	3,04	5,52	60,6	2,95	0,67	3,04	0,54	6,53
35	38,28	6,24	2,69	4,95	45,91	2,64	0,43	2,69	0,51	5,84
Порослевые березняки										
6	3,31	0,75	1,08	1,39	5,78	0,77	0,19	1,08	0,46	2,31
10	12,27	2,89	2,09	3,19	17,54	1,84	0,44	2,09	0,55	4,48
15	28,66	5,07	2,72	3,74	35,13	3,36	0,62	2,72	0,58	6,66
17	29,53	5,67	4,03	6,87	40,43	3,76	0,73	4,03	1,22	9,01
35	57,35	12,76	2,68	9,28	69,31	3,15	0,69	2,68	0,92	6,76

Путем последовательного табулирования уравнений (10) для морфоструктурных показателей  $D$ ,  $H$  и  $N$ , а затем – уравнений (11) для фракционного состава фитомассы и NPP по задаваемым значениям возраста  $A$  в диапазоне от 5 до 35 лет и соответствующим расчетным значениям  $N$  получены таблицы возрастной динамики фитомассы и NPP березняков семенного и порослевого происхождения. Согласно этим таблицам в I классе возраста большую фитомассу накапливают семенные березняки, а в более высоких классах – напротив, порослевые. Относительная NPP в возрастном диапазоне 10-35 лет снижается в семенных березняках с 22 до 7% и в порослевых – с 23 до 8%. В 30-летнем возрасте семенные и порослевые березняки характеризуются одинаковыми показателями относительной NPP.

Доля стволов в фитомассе и NPP различная. В возрастном диапазоне 10-35 лет в семенных и порослевых березняках доля стволов в фитомассе составляет соответственно 78-91 и 76-86%, а в NPP соответственно 61-66 и 54-59%. В том же возрастном диапазоне доля листвы составляет в фитомассе соответственно 2-4 и 2-6%, а в NPP – соответственно 18-25 и 24-26%.

## ГЛАВА 5. ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Для обеспечения корректности региональных сопоставлений показателей биопродуктивности березняков сравниваются не региональные совокуп-

ности фактических данных, а многофакторные регрессионные модели, объясняющие изменчивость названных показателей в пределах региона посредством включенных в них массообразующих показателей в качестве переменных. Для фитомассы использована структурная форма регрессионной модели

$$\ln P_i = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M). \quad (12)$$

Структура уравнений для NPP отличается от (12) тем, что в качестве независимых переменных в них входят также показатели фракций фитомассы

$$\ln Z_i = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M, \ln P_i), \quad (13)$$

где  $P_i$  и  $Z_i$  – соответственно фитомасса и ее NPP, т/га;  $M$  – запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>/га.

В нашей совместной работе (Усольцев и др., 2004) на основе уравнений (12) разработан метод приведения к сопоставимому виду фактических данных о фитомассе и NPP насаждений на пробных площадях с применением так называемых блоковых фиктивных переменных  $X_0 \dots X_{20}$  (Дрейпер, Смит, 1973), которыми кодируется 21 экорегион и которые включаются в многофакторные уравнения для фитомассы и NPP наряду с массообразующими независимыми переменными:

$$\ln P_i = f(X_0, \dots, X_{20}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M), \quad (14)$$

$$\ln Z_i = f(X_0, \dots, X_{20}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M, \ln P_i). \quad (15)$$

Полученная расчетом характеристика уравнений (14) и (15) подтверждает их достаточную адекватность фактическим данным ( $R^2 = 89\text{-}99\%$ ).

При расчете уравнений (14) и (15), включающих в себя блоковые переменные, устанавливается степень «дистанцирования», или отличия показателей биопродуктивности насаждений между экорегионами.

Уравнения (14) и (15) работают по принципу “Что будет, если...?” и обеспечивают сопоставимость фракционного состава фитомассы и NPP разных экорегионов, если в эти уравнения подставить какие-то средние цифровые значения  $A$ ,  $H$ ,  $D$ ,  $N$  и  $M$ . Но значения последних не являются общими для всех экорегионов, а изменяются при переходе от одного к другому. Поэтому вначале необходимо выявить различия экорегионов по каждому из массообразующих показателей, объединенных в некоторую систему рекурсивных уравнений.

Примененный рекурсивный принцип построения регрессионной системы обеспечивает последовательное накопление региональных различий в возрастной динамике массообразующих показателей и запасов стволовой древесины согласно цепочке взаимозависимых уравнений:

$$\begin{aligned} \ln H &= f(X_0, \dots, X_{20}, \ln A, (\ln A)^2) \rightarrow \\ &\rightarrow \ln D = f(X_0, \dots, X_{20}, \ln A, (\ln A)^2, (\ln H)^2) \rightarrow \\ &\rightarrow \ln N = f(X_0, \dots, X_{20}, \ln A, (\ln A)^2, \ln H, (\ln H)^2, \ln D, (\ln D)^2) \rightarrow \\ &\rightarrow \ln M = f(X_0, \dots, X_{20}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N). \end{aligned} \quad (16)$$

Путем табулирования уравнений (16) по возрасту и другим массообразующим показателям получены возрастные тренды массообразующих показателей в березняках, основой которых являются только материалы базы данных. Далее по значениям полученных трендов протабулированы уравнения (14) и (15) и получены возрастные тренды фитомассы и NPP березняков для разных экорегионов.

В настоящем исследовании географических аспектов биологической продуктивности березняков основное внимание удалено NPP, а уравнения и таблицы фитомассы использованы лишь при расчете по рекурсивному принципу соответствующих уравнений и таблиц для NPP, как для абсолютных ( $Z_{abs}$ ), так и для относительных ( $Z_{отн}$ ) ее показателей.

Основные изменения растительного покрова происходят как в широтном направлении вследствие изменения интенсивности солнечной радиации, так и в меридиональном в результате изменения континентальности климата и условий увлажнения (Волобуев, 1947; Курнаев, 1973; Назимова, 1995).

Для анализа географии распределения показателей NPP насаждений бересы мы выбрали для провинциального градиента схему изоконт А.А. Борисова (1967) и для зонального – схему распределения суммы эффективных температур ( $\Sigma T$ ) С. Тукканена (Tukkanen, 1984). Зонально-провинциальное местоположение возрастных трендов NPP березняков дополнено числовыми значениями индекса континентальности ( $IC$ ) и  $\Sigma T$ , снятыми с соответствующих карт-схем, и рассчитаны зависимости:

$$\ln(Z_{abs}) = -6,7612 - 0,4007 \ln(IC) + 4,9005 \ln(\Sigma T) - 0,5606 (\ln \Sigma T)^2; R^2=0,809; (17)$$

$$Z_{отн} = 23,345 - 0,3334(IC) + 0,0035(IC)^2 - 0,5155(\Sigma T) + 0,0047(\Sigma T)^2; R^2=0,888; (18)$$

где  $Z_{abs}$  и  $Z_{отн}$  – средние значения соответственно абсолютной и относительной NPP березняков в возрасте 55 лет, взятые из соответствующих возрастных трендов;  $IC$  – индекс континентальности климата, по Ценкеру (%);  $\Sigma T$  – сумма эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  за вегетационный период. В результате на статистически достоверном уровне установлено, что NPP бересовых насаждений снижается в направлении с юга на север и от атлантического и тихоокеанского побережий – к полюсу континентальности (рис., а).

Для показателей относительной NPP ( $Z_{отн}$ , %) установлена противоположная статистически достоверная тенденция: по меридиональному градиенту – возрастание названного показателя от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности и по зональному – снижение в направлении от экстремально низких ( $10^{\circ}\text{C}$ ) значений  $\Sigma T$  к величине  $50-60^{\circ}\text{C}$  (рис., б).

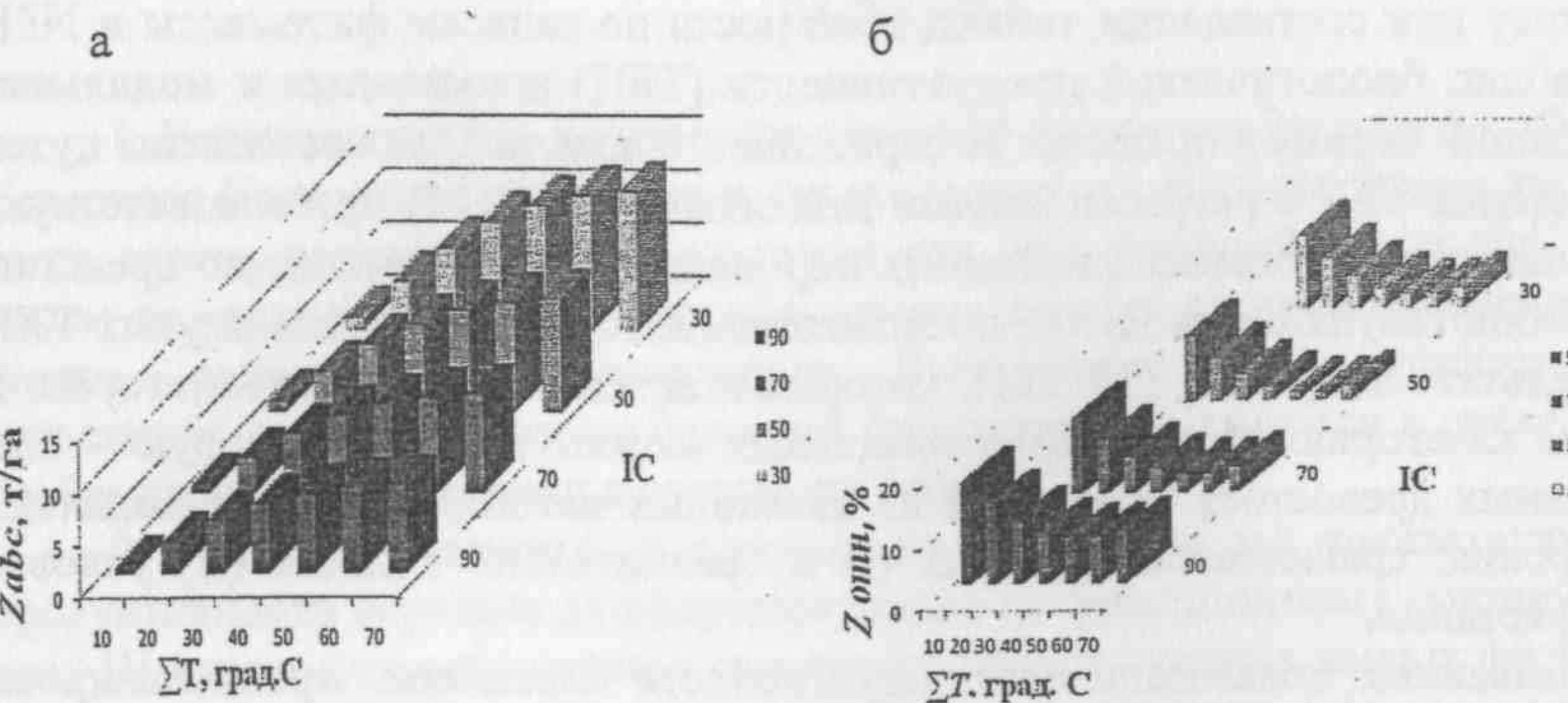


Рис. Зависимость NPP ( $Z_{abs}$ , т/га) (а) и относительной NPP ( $Z_{отн}$ , %) (б) березняков от индекса континентальности ( $IC$ ) и суммы эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  ( $\Sigma T$ ) согласно уравнениям (17) и (18)

Если высокие показатели относительной NPP в оптимальных гидротермических условиях означают высокую скорость обновления органического вещества фитомассы, т.е. высокую интенсивность круговорота веществ, то столь же высокие значения названного показателя в лесотундре кажутся на первый взгляд парадоксальными. В действительности это объясняется тем, что в условиях лесотундр доля интенсивно обновляющегося нижнего яруса достигает 70-80%, а в условиях лесостепи и широколиственных лесов она снижается до 2-7%. Иными словами, в условиях лесотундр основной поток круговорота веществ приходится на нижний ярус, а в оптимальных условиях роста – на древесный ярус, депонирующий органику, в отличие от нижнего яруса, в течение длительного времени.

Поскольку данных о NPP березняков впятеро меньше, чем о фитомассе, с помощью уравнения (18) можно рассчитать NPP для тех регионов, для которых есть данные только о фитомассе, и тем самым заполнить имеющиеся «белые пятна» в географии фактических данных NPP березняков.

## ГЛАВА 6. ТАБЛИЦЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО РЕГИОНАМ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Таблицы хода роста (TXP) древостоев остаются одним из основных вспомогательных средств при оценке продуктивности лесных насаждений. Традиционные TXP нормальных и модальных древостоев бересы взяты нами

за основу при составлении таблиц хода роста по запасам фитомассы и NPP, или таблиц биологической продуктивности (ТБП) нормальных и модальных насаждений березы в пределах ее евразийского ареала. Они составлены путем совмещения ТХР с регрессионными моделями (14) и (15) при соответствующих значениях блоковых фиктивных переменных. Это совмещение представляет собой табуляцию моделей по значениям  $A$ ,  $N$ ,  $H$ ,  $D$  и  $M$  упомянутых ТХР. В результате получены 118 ТБП, которые подразделены на две категории. В первую категорию вошли ТБП нормальных (сомкнутых), а во вторую – ТБП модальных древостоев. В каждой из названных категорий таблиц выделены два уровня: сравнительно лучших (I) и сравнительно худших (II) условий произрастания.

Названные показатели биопродуктивности березняков проанализированы в связи с индексами континентальности климата ( $IC$ ) согласно уравнению

$$\ln(Zabc) \text{ или } \ln(Zomn) = a_0 + a_1 (\ln IC). \quad (19)$$

Коэффициенты  $a_1$  регрессий (19) статистически значимы на уровне  $t_{05}$ . Результаты табулирования уравнения (19) показывают, что по мере возрастания индекса континентальности от 30% (Скандинавско-Русская провинция) до 80% (Алтай-Саянская провинция) происходит последовательное снижение значений NPP. Для нормальных березняков в сравнительно лучших условиях произрастания она составляет при  $IC$ , равном 30 и 80%, соответственно 14,4 и 6,9 т/га, т.е. снижается в условиях Алтай-Саянской провинции в два раза по сравнению с Скандинавско-Русской. В сравнительно худших условиях эти же показатели составляют соответственно 12,0 и 4,7 т/га, снижаясь в 2,5 раза. Для модальных насаждений названные показатели снижаются при тех же условиях соответственно с 9,8 до 5,1 и с 6,9 до 4,6 т/га, т.е. тоже примерно в 1,5-2 раза. NPP нормальных березняков в сравнительно лучших условиях по сравнению со сравнительно худшими на 20% выше при  $IC=30$  и на 40% выше при  $IC=80$ . Аналогичные соотношения для модальных березняков составляют соответственно 40 и 10%.

Таким образом, закономерность снижения NPP березняков по мере возрастания континентальности климата в направлении от морских побережий к полюсу континентальности в Сибири является общей для показателей, рассчитанных как по материалам модифицированной базы данных, так и по таблицам биологической продуктивности березняков.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в условиях колочной лесостепи Западной Сибири и Северного Казахстана при одинаковых значениях высоты, диаметра и возраста дерева показатели биопродуктивности всех фракций надземной фитомассы на статистически достоверном уровне зависят от происхождения древостоя – семенного либо порослевого. Выявленные закономерности свидетельствуют о том, что разные фракции фитомассы изменяются в связи с маскообразующими факторами в разной степени.

2. Различие семенных и порослевых березняков по показателям биопродуктивности деревьев дифференцировано по фракционному составу: к началу IV класса возраста деревья семенного происхождения имеют фитомассу стволов, большую по сравнению с порослевыми стволами, а листвы и ветвей, напротив, меньшую. Это явление согласуется с более плотным стоянием деревьев в семенных березняках.

3. Прирост объема ствola, осредненный за последние 10 лет, имеет большее занижение по отношению к приросту, осредненному за 7 лет, последний – большее занижение по отношению к приросту, осредненному за 5 лет, а последний – соответственно к приросту, осредненному за последние 3 года. Если систематическая ошибка возрастает по мере увеличения периода осреднения, то среднеквадратическое отклонение, напротив, снижается. В целом подтвержден вывод О.А. Трулля и Л.В. Дольского (1975) о том, что применение 10-летнего периода осреднения прироста следует ограничить, а базовым должен стать 5-летний период.

4. Анализ изменения в соотношении NPP деревьев березы семенного и порослевого происхождений в связи с возрастом показал, что на начальном этапе роста его темпы у порослевых деревьев выше по сравнению с семенными, а затем это соотношение меняется на противоположное. Доля ствola в надземной NPP у семенных деревьев увеличивается с возрастом и в возрастах 10, 30 и 40 лет составляет соответственно 32, 36 и 39%, а у порослевых, наоборот, снижается и в тех же возрастах составляет соответственно 42, 36 и 35%.

5. Относительная NPP, характеризующая скорость обновления органического вещества фитомассы, различается у деревьев семенного и порослевого происхождений и имеет различные темпы возрастного изменения: у семенных берез в возрасте 10, 20, 30 и 40 лет относительная NPP составляет соответственно 29, 18, 13 и 11%, а у порослевых соответственно 22, 18, 16, 14%. Это существенно выше имеющихся литературных данных (4-7%). Во II классе возраста деревья семенного и порослевого происхождений имеют одинаковые значения относительной NPP.

6. На уровне древостоев в I классе возраста большую фитомассу (т/га) накапливают семенные березняки, а в более высоких классах – напротив, порослевые, по крайней мере, до IV класса возраста. Относительная NPP в возрастном диапазоне 10-35 лет снижается в семенных березняках с 22 до 7% и в порослевых – с 23 до 8%. В 30-летнем возрасте семенные и порослевые березняки характеризуются одинаковыми показателями относительной NPP. Доля стволов в фитомассе и NPP различная. В возрастном диапазоне 10-35 лет в семенных и порослевых березняках доля стволов в фитомассе составляет соответственно 78-91% и 76-86%, а в NPP соответственно 61-66 и 54-59%. В том же возрастном диапазоне доля листвы составляет в фитомассе соответственно 2-4 и 2-6%, а в NPP – соответственно 18-25 и 24-26%.

7. На статистически достоверном уровне NPP березняков ( $Z_{abs}$ , т/га) снижается в направлении с юга на север и от атлантического и тихоокеанского побережий – к полюсу континентальности. Для показателей относительной NPP ( $Z_{отн}$ , %) выявлена противоположная статистически достоверная тенденция: по меридиональному градиенту – возрастание названного показателя от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности и по зональному – снижение в направлении от экстремально низких ( $10^0$ С) значений  $\sum T$  к средним величинам ( $50-60^0$ С).

8. Поскольку данных о NPP березняков впятеро меньше, чем о фитомассе, с помощью полученных закономерностей изменения  $Z_{отн}$  можно рассчитать NPP для тех регионов, для которых есть данные только о фитомассе, и тем самым заполнить имеющиеся «белые пятна» в географии фактических данных NPP березняков.

9. Высокие значения относительной NPP в лесотундре объясняются тем, что в этих условиях доля интенсивно обновляющегося нижнего яруса достигает 70-80%, а в условиях лесостепи и широколиственных лесов она снижается до 2-7%. Иными словами, в условиях лесотундры основной поток круговорота веществ приходится на нижний ярус, а в оптимальных условиях роста – на древесный ярус, депонирующий органику, в отличие от нижнего яруса, в течение длительного времени.

10. Впервые составлены 118 таблиц биологической продуктивности (ТБП) березняков, необходимые в расчетах круговорота углерода на региональном и глобальном уровнях. Анализ табличных значений NPP в возрасте березняка 50 лет показал, что по мере возрастания индекса континентальности от 30% (Скандинавско-Русская провинция) до 80% (Алтай-Саянская провинция) происходит их последовательное снижение. NPP нормальных березняков снижаются в условиях Алтай-Саянской провинции в 2-2.5 раза по сравнению с Скандинавско-Русской провинцией. В модальных березняках названные показатели снижаются при тех же условиях в 1,5-2 раза.

## ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ:

1. Усольцева (Норицина) Ю.В., Залесов С.В. База данных о фитомассе рода *Betula* L. Северной Евразии: предварительные результаты // Леса Евразии в третьем тысячелетии. Матер. Междунар. конфер. молодых ученых. - М.: МГУЛ, 2001. С. 156-157.
2. Усольцев В.А., Усольцева (Норицина) Ю.В., Залесов С.В. Изменение фитомассы березняков по уральскому меридиану // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: Всерос. научно-практич. конф. - Красноярск: СибГТУ, 2001. С. 159-163.
3. Усольцева (Норицина) Ю.В., Казанцев С.Г., Лысов Л.А. Возрастная структура березовых древостоев Среднего Урала // Материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов. Вып. 2.- Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. С. 30-31.
4. Усольцев В.А., Колтунова А.И., Грибенников А.Н., Антропов А.И., Марковский В.И., Колтунов А.А., Усольцева (Норицина) Ю.В., Крапивина О.А. Оценка запасов углерода и углеродно-кислородного бюджета в лесных экосистемах Уральского региона // Региональный конкурс РФФИ “Урал-2001”: Результаты научных работ, полученные по гранту № 01-04-96424 за 2001 год. - Екатеринбург: Регионал. н.-т. центр УрО РАН, 2002. С. 235-236.
5. Усольцев В.А., Усольцева (Норицина) Ю.В., Залесов С.В. Географические закономерности распределения фитомассы березы в Северной Евразии // ИВУЗ. Лесной журнал. 2002. № 6. С. 7-15.
6. Усольцев В.А., Залесов С.В., Усольцева (Норицина) Ю.В., Платонов И. В., Белоусов Е. В., Терентьев В.В., Кириллова В. В. Таблицы биопродуктивности естественных березняков Северной Евразии и их географический анализ // Леса Урала и хоз-во в них. Вып. 23. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. С. 135-150.
7. Усольцев В.А., Филиппов А.В., Крапивина О.А., Усольцева (Норицина) Ю.В., Терентьев В.В., Щукин А.В., Белоусов Е.В., Азаренок М.В., Ненапев Н.С. Совмещение баз данных о запасах углерода и его годичном депонировании в лесных экосистемах Северной Евразии // Вестник БГТУ. № 8, ч. 1. - Белгород, 2004. С. 44-46.
8. Усольцев В.А., Залесов С.В., Филиппов А.В., Усольцева (Норицина) Ю.В. Исследование текущего прироста порослевых березняков и его смещений в зависимости от периода осреднения // Леса Урала и хоз-во в них. Вып. 24. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. С. 138-143.
9. Усольцев В.А., Терехов Г.Г., Филиппов А.В., Крапивина О.А., Усольцева (Норицина) Ю.В., Терентьев В.В., Щукин А.В., Белоусов Е.В.,

Ненашев Н.С., Азаренок М.В. Оценка углерододепонирующей емкости лесных экосистем Урала в связи с ожидаемым глобальным потеплением // Вестник БГТУ. № 8, ч. 1. - Белгород, 2004. С. 42-44.

10. Усольцев В.А., Филиппов А.В., Усольцева (Норицина) Ю.В., Мезенцев В.И. База данных о биологической продуктивности березняков Евразии // Актуальные проблемы лесного комплекса. Вып. 9. - Брянск: БГИТА, 2004. С. 64-67.

11. Усольцев В.А., Филиппов А.В., Усольцева (Норицина) Ю.В., Залесов С.В. Углерод надземной фитомассы березы семенного и порослевого происхождения в колочной лесостепи // Актуальные проблемы лесного комплекса. Вып. 9. - Брянск: БГИТА, 2004. С. 67-70.

12. Усольцев В.А., Филиппов А.В., Усольцева (Норицина) Ю.В., Залесов С.В. Биологическая продуктивность березняков порослевого и семенного происхождения в подзоне южной лесостепи // Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера. Матер. междунар. конференции. - Архангельск: АГТУ, 2004. С. 54- 57.

13. Усольцев В.А., Кузьмин Н.И., Канунникова О.В., Норицина Ю.В., Касаткин А.С., Ненашев Н.С., Терентьев В.В. Запасы углерода в фитомассе насаждений на экотонах Урало-Тургайского региона // Новые методы в дендроэкологии. Матер. всероссийской научной конф. с международным участием. - Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2007. С. 90-92.

14. Усольцев В.А., Канунникова О.В., Норицина Ю.В., Накай Н.В., Бараковских Е.В., Кузьмин Н.И. Распределение запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесов на юго-западе Уральского региона // Актуальные проблемы лесного комплекса. Вып.19. - Брянск: БГИТА, 2007. С. 69-72.

15. Усольцев В.А., Терехов Г.Г., Норицина Ю.В., Кузьмин Н.И., Семышев М.М., Воронов М.П., Богословская О.А., Сопига В.А., Ненашев Н.С., Терентьев В.В., Касаткин А.С., Ударцева В.В., Бараковских Е.В. Картирование углерододепонирующей емкости лесных экосистем уральского региона. Аннотационный отчет по гранту РФФИ «Урал» № 04-05-96083 // Региональный конкурс РФФИ «Урал», Свердловская область. Аннотационные отчеты. - Екатеринбург: Региональный научно-технический центр, 2007. С. 405-409.

16. Азаренок В.А., Усольцев В.А., Норицина Ю.В., Накай Н.В., Бараковских Е.В. Депонирование углерода в фитомассе лесопокрытых площадей уральского региона // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2008. Вып. 21. С. 3-6.

17. Усольцев В.А., Бараковских Е.В., Кузьмин Н.И., Норицина Ю.В., Накай Н.В. Увеличение фитомассы лесного покрова в регионе и попытка вы-

яснения его причин // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2008. Вып. 21. С. 140-143.

18. Норицина Ю.В. Таблицы для поддеревной оценки годичного прироста надземной фитомассы березы // Лесохозяйственная информация. 2008. № 10-11. С. 11-15.

19. Усольцев В.А., Кузьмин Н.И., Норицина Ю.В., Бараковских Е.В., Накай Н.В. Депонирование атмосферного углерода лесами Курганской области // Региональные проблемы природопользования и охраны окружающей среды. Матер. региональной научно-практич. конфер. - Курган, 2008. С. 95-101.

20. Усольцев В.А., Мехренцев А.В., Бараковских Е.В., Залесов С.В., Норицина Ю.В. Исследование ошибок при оценке годичной продукции фитомассы насаждений двумя расчетными методами // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. Вып. 22. С. 48-52.

21. Залесов С.В., Норицина Ю.В. Депонирование углерода колочными лесами Курганской области // Аграрный вестник Урала. 2009. № 7(61). С. 102-103.

Отзывы на автореферат просим направлять в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, УГЛТУ, ученому секретарю диссертационного совета Магасумовой А.Г. Факс: (343) 254-62-25; e-mail: aspir\_USFEU@rambler.ru

Подписано в печать 17.11.2009. Объем 1,0 п. л. Заказ № 492 . Тираж 100. 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Уральский государственный лесотехнический университет.  
Отдел оперативной полиграфии.