

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

На правах рукописи

**Гаврилин Дмитрий Сергеевич**

**Фракционный состав фитомассы и первичной  
продукции лиственных насаждений Евразии  
с элементами географии**

Специальность 06.03.02 -  
лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель  
Усольцев Владимир Андреевич,  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор

Екатеринбург - 2016

## О Г Л А В Л Е Н И Е

<b>ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Экология и география распространения лиственницы (род <i>Larix</i> Mill.) в пределах Евразии.....	11
1.2. Оценка структуры фитомассы деревьев: методы и результаты.....	30
1.2.1. Моделирование распределения ассимилятов в фитомассе дере- вьев: законы или закономерности?.....	30
1.2.2. Регрессионная оценка фитомассы дерева .....	47
1.3. Географические аспекты продуктивности лесных насаждений.....	54
1.3.1. Фитомасса и чистая первичная продукция (ЧПП) насаждений и их связь с климатическими факторами.....	54
1.3.2. Удельная чистая первичная продукция (УдЧПП) насаждений и ее связь с климатическими факторами.....	75
<b>ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА И ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>82</b>
2.1. Природные условия Боровского лесхоза Костанайской области.....	82
2.2. Характеристика лесного фонда Боровского лесхоза .....	87
2.3. Объекты исследований и объем выполненных работ.....	92
2.4. Характеристика баз данных о фитомассе и ЧПП лиственничников Евразии.....	94
2.4.1. Фитомасса деревьев (кг) рода <i>Larix</i> в лесах Евразии .....	95
2.4.2. Фитомасса насаждений (т/га) рода <i>Larix</i> в лесах Евразии .....	96
<b>ГЛАВА 3. СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ (кг) В ЛИСТ- ВЕННИЧНИКАХ РАЗНЫХ ЭКОРЕГИОНОВ: АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕР- НОСТЕЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ТАБЛИЦ.....</b>	<b>101</b>
3.1. Распределение ассимилятов в деревьях лиственницы в контексте со- временных теорий.....	101

3.2. Фитомасса деревьев лиственницы (кг) на северном и южном пределах и составление справочно-нормативных таблиц .....	107
3.3. Структура фитомассы деревьев лиственницы (кг) в географическом трансконтинентальном аспекте.....	118
<b>ГЛАВА 4. ФИТОМАССА И ГОДИЧНАЯ ЧПП (т/га) ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНИРОВАНИЕМ ЕВРАЗИИ.....</b>	<b>127</b>
4.1. Предварительный анализ биопродуктивности лиственничников (т/га) в пессимальных условиях трёх экорегионов .....	127
4.2. Многофакторный анализ географии фитомассы и ЧПП лиственничников Евразии.....	133
4.2.1. Использование в регрессионных моделях блоковых фиктивных переменных (метод 1).....	135
4.2.2. Прямое использование в регрессионных моделях климатических факторов (метод 2).....	141
<b>ГЛАВА 5. УДЕЛЬНАЯ ЧПП (%) ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНИРОВАНИЕМ ЕВРАЗИИ .....</b>	<b>152</b>
5.1. Оценка ЧПП и УдЧПП деревьев лиственницы по диаметру и высоте ствола в культурах в условиях засушливой степи.....	152
5.2. УдЧПП лиственничных насаждений в связи климатическими трендами Евразии.....	155
<b>ГЛАВА 6. ТАБЛИЦЫ ХОДА РОСТА ПО ЧПП И УдЧПП ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА.....</b>	<b>161</b>
6.1. Фрагментация массива исходных данных и ординация традиционных таблиц хода роста древостоев по климатическим зонам и степени континентальности климата.....	161
6.2. Составление таблиц хода роста по ЧПП и УдЧПП лиственничных насаждений.....	161
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>165</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>170</b>

Приложение 1. Обработка кроны модельных деревьев лиственницы и перевод на абсолютно сухое состояние.....	208
Приложение 2. Информация о площадях культур лиственницы в Боровском лесхозе Костанайской области Казахстана .....	210
Приложение 3. База данных о фитомассе деревьев лиственницы (род <i>Larix</i> L.).....	218
Приложение 4. База данных о фитомассе насаждений лиственницы (род <i>Larix</i> L.) .....	245
Приложение 5. База данных о фитомассе и годичной продукции (ЧПП) насаждений лиственницы (род <i>Larix</i> L.).....	276



## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.**

**Актуальность темы исследования.** В последние десятилетия происходит смена парадигм в лесной экологии: сырьевая функция лесного покрова сменяется биосферной и выходит на глобальный уровень в связи с необходимостью стабилизации климата планеты. В ходе исследований по Международной биологической программе (МБП) в разных странах был получен большой массив данных о биологической продуктивности лесов, а именно о фитомассе и чистой первичной продукции (ЧПП), представляющей количество фитомассы, произведенной насаждением на единице площади в единицу времени. Третьей составляющей понятия биологической продуктивности насаждений - удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) как отношению ЧПП к величине фитомассы, выражаемому в относительных единицах или в процентах, до последнего времени не уделялось внимания (Гульбе и др., 2010).

Методическими указаниями к Международной биологической программе (Программа-минимум..., 1967) по определению биологической продуктивности насаждений рекомендовалась закладка пробных площадей в местообитаниях, репрезентативных по отношению к данному типу сообществ. Это позволяет выполнить анализ географических закономерностей биологической продуктивности лесных насаждений и выявить ее трансконтинентальные градиенты в результате изменения интенсивности солнечной радиации и континентальности климата.

Настоящее исследование посвящено анализу структуры и трансконтинентальных градиентов биологической продуктивности на примере лиственных насаждений, произрастающих на евразийском материке.

**Степень разработанности темы исследования.** Диссертация является законченным научным исследованием.

**Цель и задачи исследования.** Цель диссертационной работы - изучение фракционного состава биопродуктивности лиственных насаждений

(род *Larix Mill.*) на двух уровнях – региона и ареала. В первом случае исследуется фракционная структура фитомассы деревьев лиственницы в пессимальных условиях на северном и южном пределах произрастания, а во втором - на основе сформированных баз данных о фитомассе и ЧПП насаждений и о фитомассе деревьев лиственницы Евразии разрабатывается методология их географического анализа, рассчитывается система регрессионных моделей и анализируются региональные различия структуры фитомассы, ЧПП и УдЧПП лиственничников и фитомассы составляющих их деревьев в пределах евразийского ареала рода *Larix Mill.*

В связи с поставленной целью конкретные задачи исследования следующие:

- исследовать фракционную структуру фитомассы лиственницы в условиях засушливой степи и лесотундры на уровне дерева (кг) и насаждения (т/га);
- сформировать базу данных о фитомассе деревьев лиственницы (кг), произрастающей на территории Евразии, разработать регрессионные модели для оценки фитомассы и на их основе исследовать закономерности изменений в фракционной структуре фитомассы по трансконтинентальным градиентам;
- сформировать базы данных о фитомассе и годичной ЧПП (т/га) лиственничных насаждений, произрастающих на территории Евразии, разработать регрессионные модели для оценки их фитомассы, годичной ЧПП (т/га) и УдЧПП (%) и на их основе исследовать географические закономерности изменения в фракционной структуре названных показателей;
- составить таблицы хода роста лиственничных насаждений Уральского региона по ЧПП и УдЧПП, совмещенные с традиционными таблицами хода роста (ТХР) древостоев.

**Научная новизна.** Впервые изучена структура фитомассы деревьев лиственницы (кг) на южном пределе ареала в сопоставлении с пессимальными условиями на северном пределе. Впервые сформирована база данных о

фитомассе деревьев лиственницы Евразии и выполнен анализ ее фракционной структуры по трансконтинентальным градиентам. Сформированы базы экспериментальных данных о фитомассе и ЧПП лиственничных насаждений и на их основе впервые исследованы географические закономерности изменения фракционной структуры их ЧПП и УдЧПП на территории Евразии. Впервые составлены таблицы хода роста лиственничных насаждений по ЧПП и УдЧПП для Уральского региона.

**Теоретическая и практическая значимость работы** состоит в оценке ЧПП и УдЧПП лиственницы как их важнейших количественных видовых характеристик, в разработке нормативных материалов, необходимых при реализации систем лесоводственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности и комплексного освоения лиственничных лесов. Результаты работы могут быть использованы при разработке экологических программ разных уровней, а также при оценке углерододепонирующей и кислородопродуцирующей функций лиственничных экосистем.

**Методология и методы исследования.** В основу исследования положен метод пробных площадей и модельных деревьев. Пробные площади заложены с учетом ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустroительные. Методы закладки. М.: ЦБНТИлесхоз, 1983. 31 с.». Для определения фитомассы и ЧПП деревьев и древостоев взяты модельные деревья. Модельные деревья брали в августе месяце после полного формирования хвои текущего года. После рубки измерялись длина дерева, протяженность бессучковой части, прирост по высоте за последние 5 и 10 лет, диаметр ствола у основания кроны. На середине двухметровых (однометровых) секций и на высоте груди определяли диаметры ствола в коре и без коры и радиальный прирост за последние 5 и 10 лет. Возраст устанавливался по числу годичных слоев на пне.

Лиственница имеет специфические биологические особенности по сравнению с другими породами, что потребовало внесения некоторых поправок в ранее применявшуюся методику фракционирования фитомассы (Усольцев, 1985а). У лиственницы хвоей покрыты не только все ветви, но и ствол, одна-

ко плотность охвоения различная: наиболее охвоена периферийная часть кроны (крона 1), значительно слабее – приствольные части ветвей (крона 2) и наименьшая плотность охвоения – на стволе. Таким образом, если при исследовании биопродуктивности сосны, ели, березы и сосны крону делили на две части – охвоенную (древесная зелень) и неохвоенную – и массу хвои дерева получали по соотношению хвои и побегов в пробной навеске из древесной зелени ( $\approx 1$  кг), то общая масса хвои у лиственницы оказывается распределенной по трем частям дерева – кроне 1, кроне 2 и стволу.

После обрубки крона делилась на две части (крона 1 и крона 2), которые взвешивались с точностью 50 г. Их соотношение, среднее по совокупности модельных деревьев, составило соответственно 67 и 33%. От обеих частей брали навески (соответственно  $\approx 700$  и  $\approx 200$  г), у которых отделяли полностью хвою, взвешивали с точностью 0,5 г и по полученным соотношениям определяли массу хвои всей кроны (Приложение 1). На стволах хвою отделяли с 1 погонного м, среднего по степени охвоения. Доля хвои в кроне 1 и кроне 2 составила в среднем соответственно 51 и 11 %, доля скелета кроны – 49 и 89 %. На 1 погонный метр ствола приходилось в среднем 6 г хвои в свежем состоянии. Соотношение хвои, полученной с кроны 1, кроны 2 и ствола, определилось соответственно как 88, 10 и 2 % к общей массе хвои дерева. Таким образом, учет хвои только с наиболее охвоенных ветвей (древесной зелени, хвойной лапки) у лиственницы приводит к занижению фактической ее массы примерно на 12 %.

Доля хвои в кроне с возрастом древостоя изменяется несущественно и в среднем составляет 38 % к массе кроны в свежем состоянии. От каждого дерева брали навески для определения содержания абсолютно сухого вещества в хвое ( $\approx 15$  г) и ветвях с корой ( $\approx 30$  г), которое оказалось равным соответственно 25,2 и 50,8 %. Базисная (условная) плотность древесины и коры ствола определена по выпилам у 28 модельных деревьев. По 1-2 –метровым отрезкам определены объемы стволов в коре и без коры и по показателям ба-

зисной плотности – масса древесины и коры ствола в абсолютно сухом состоянии. Запас фитомассы на 1 га рассчитан регрессионным методом.

На пробных площадях кроме фитомассы деревьев определяли ее годичный прирост, или ЧПП. Прирост древесины ствола определен путем “расчехления” ствола по 10 отрезкам и определения годичного объемного прироста, среднего за последние 5 лет, с последующим пересчетом на абсолютно сухое состояние по базисной плотности, определенной по дискам-выпилам. Прирост коры рассчитан по приросту древесины и соотношению массы древесины и коры ствола. Прирост хвои определяли по тем же вышеупомянутым навескам охвоенных побегов, но при удалении хвои вычленили хвою текущего года, и затем рассчитывали массу хвои текущего года для дерева (Усольцев, 2007).

ЧПП ветвей определена методом, предложенным А.И. Русаленко и Е.Г. Петровым (1975): удвоенная масса ветвей дерева делится на возраст кроны, измеренный по годичным кольцам у ее основания, или, что равноценно, общая масса ветвей кроны делится на средний возраст их ветвей. Это согласуется с известным фактом (Уткин, 1975), что средняя по массе мутовка у большинства древесных пород приходится на среднюю часть кроны. Метод при всей своей простоте по точности не уступает методу определения прироста крон по мутовкам (Whittaker, 1962; Уткин, 1975; Усольцев и др., 2004).

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- таблицы для оценки количественных показателей фракционной структуры фитомассы деревьев лиственницы по определяющим показателям;
- система многофакторных регрессионных моделей, отражающих взаимосвязь фракционной структуры ЧПП и УдЧПП лиственничников с морфоструктурой древостоев на территории Евразии;
- географические закономерности изменения структуры ЧПП и УдЧПП лиственничных насаждений и структуры фитомассы деревьев на территории Евразии.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Системный подход при содержательном анализе объектов исследования и интерпретации полученных результатов, решение поставленных задач на уровне многофакторных статистически значимых регрессионных моделей, использование современных компьютерных программ определяют обоснованность выводов и предложений.

Все виды работ по теме диссертации от сбора экспериментального материала до обработки и анализа полученных результатов выполнены автором или при его участии.

Основные результаты исследований доложены на международных научно-практических конференциях «Современные тенденции в образовании и науке (Тамбов, 2013, 2014, 2015); X и XI всероссийских конференциях студентов и аспирантов «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2014, 2015); всероссийской научной конференции с международным участием «Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика», посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН (Красноярск, 2014); X Международной научно-технической конференции «Лесотехнические университеты в реализации концепции возрождения инженерного образования: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса», посвященной 85-летию УГЛТУ (Екатеринбург, 2015).

Основное содержание диссертации изложено в 19 печатных работах, в том числе 5 опубликованы в рецензируемых журналах (список ВАК).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 170 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и 5 приложений. Список использованной литературы включает 390 наименования, в том числе 176 иностранных. Текст иллюстрирован 19 таблицами и 84 рисунками.

## ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

### 1.1. Экология и география распространения лиственницы (род *Larix* Mill.) в пределах Евразии

Бореальные леса занимают большие территории Евразии и в значительной степени обуславливают глобальный углеродный баланс. 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 (рис. 1.1). Это самая распространённая древесная порода, занимающая 37 % покрытых лесом площадей России.



Рис. 1.1. Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.): 1 – общий вид дерева (осенняя окраска); 2 – ростовой, или удлиненный, побег; 3 – ветвь с укороченными побегами и хвоей, с макро- и микростробилами; 4 – макростробилы: а – кроющая и семенная чешуи с семечками, б – кроющая чешуя; 5 – ветвь с укороченными побегами и хвоей, с микростробилами; 6 – микростробилы; 7 – сформировавшаяся шишка; 8 – зрелая шишка; 9 – семя (Лесная энциклопедия, 1986).

Листопадная форма лиственницы означает ежегодную полную замену всей хвои, тогда как вечнозеленые виды ежегодно заменяют лишь небольшую часть общей ее массы. Затраты углерода, связанные с полной заменой листовой массы, ставят листопадный вид в невыгодные конкурентные условия, осо-

бенно 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, 2008).

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. Вследствие необычного светолюбия лиственницы, наиболее широкие годовые кольца ствола и длинные сучья обращены к югу, что может служить компасом в лесу (Кеппен, 1885).

В северном полушарии для рода *Larix* установлено около 20 видов, в том числе в Северной Евразии 14 основных видов и три гибридных формы. Всё многообразие видов *Larix* упорядочено здесь по климатическому градиенту, связанному с индексом континентальности (рис. 1.2 и 1.3). 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 %.

За пределами основного ареала лиственница произрастает преимущественно в горных местообитаниях: в Центральной Европе (Альпы, Карпаты и Татры) это лиственница европейская (*L. decidua* Mill.), в Японии – лиственница японская (*L. leptolepis* Gonf.), на юге Китая — лиственницы Принца Рупрехта (*L. principis-ruprechtii* Mayr), Потанина (*L. potaninii* Batal.) и Мастерса (*L. mastersiana* Rehd. et Wils.), в восточных Гималаях - лиственница



Гриффитса (*L. griffithii* Hook. f. et Thoms.). В Северной Америке распространена лиственница американская (*L. laricina*), однако в отличие от евразийских лиственниц она не выходит за северный предел распространения вечнозеленых хвойных.

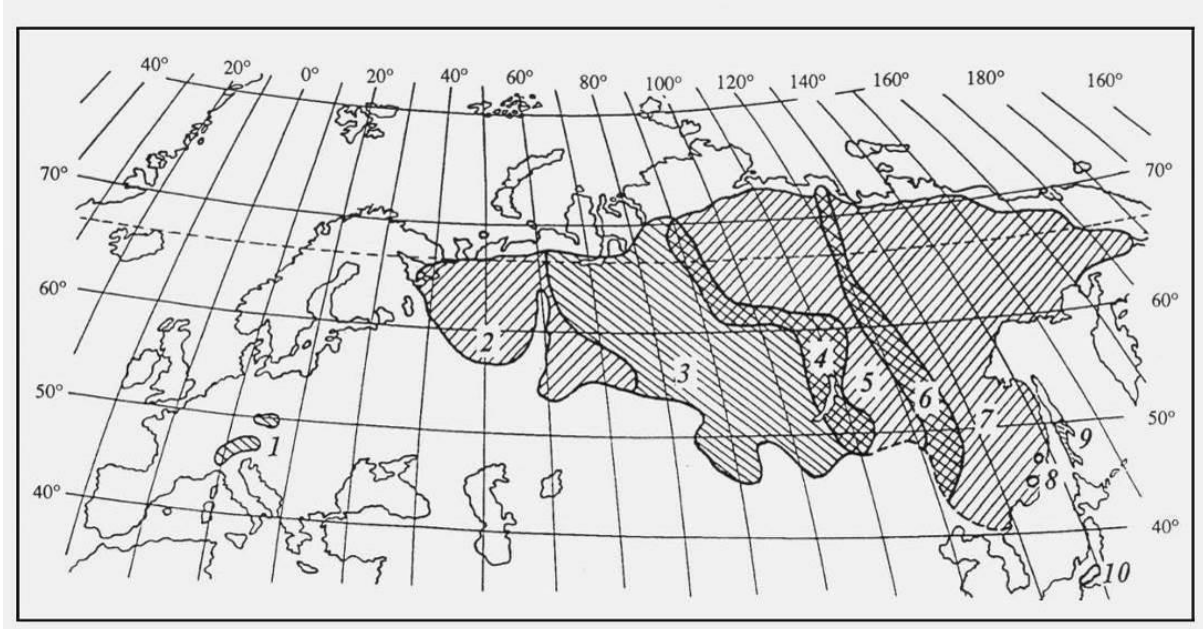


Рис. 1.2. Ареалы видов лиственницы (*Larix*) в Северной Евразии: *L. decidua* Mill. (1); *L. sukaczewii* N. Dyl. (2); *L. sibirica* Ledeb. (3); гибридная форма в полосе контакта ареалов *L. sibirica* и *L. gmelinii* (*L. ×czekanovskii* Turcz.) (4); *L. gmelinii* (Rupr.) Rupr. (5); гибридные формы в полосе 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).

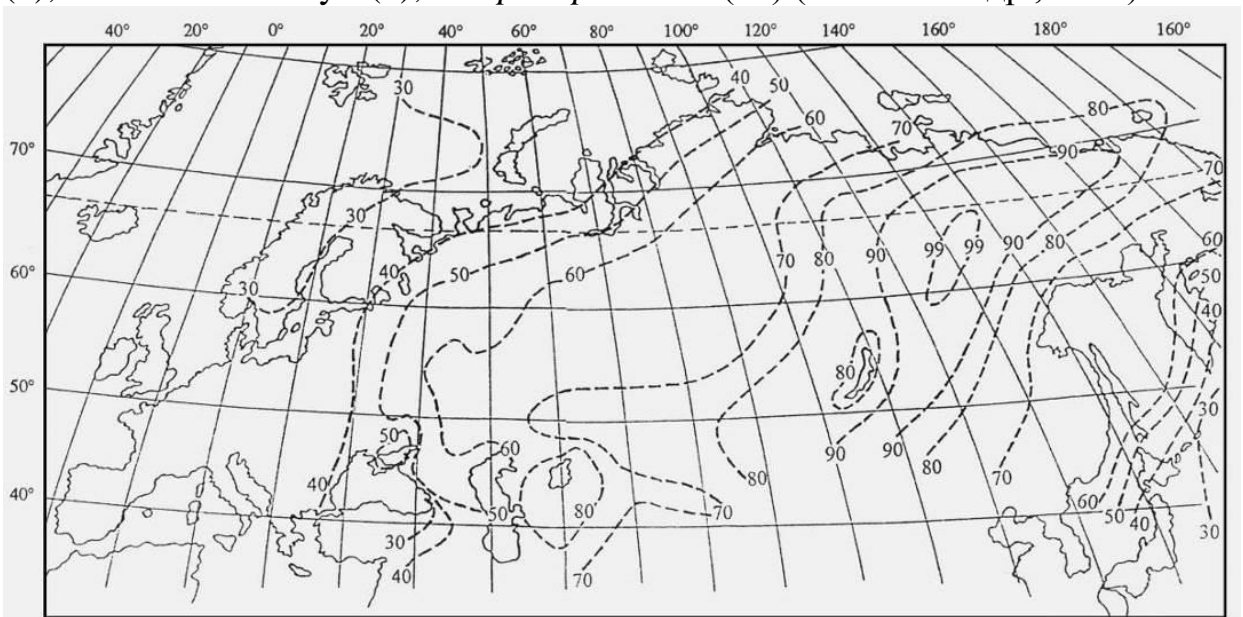


Рис. 1.3. Схема изолиний континентальности климата в Северной Евразии, рассчитанных А.А. Борисовым (1967) по упрощенной формуле Ценкера. Изоконты указаны в процентах.

Л.Н. Тюлина (1929) характеризует лиственницу из всех хвойных пород как наиболее выносливое дерево по отношению к климатическим крайностям. Этот вид идет далее всех на север, образуя полярный предел лесной области (рис. 1.4). Около 40% территории Сибири находится в зоне многолетней мерзлоты, севернее 60-й параллели (рис. 1.5). По мнению Л.Н. Тюлиной (1929), именно устойчивость лиственницы как к физической сухости почв на границе со степью, так и к физиологической сухости на мерзлотных грунтах, помогает ей произрастать в этих крайних условиях.

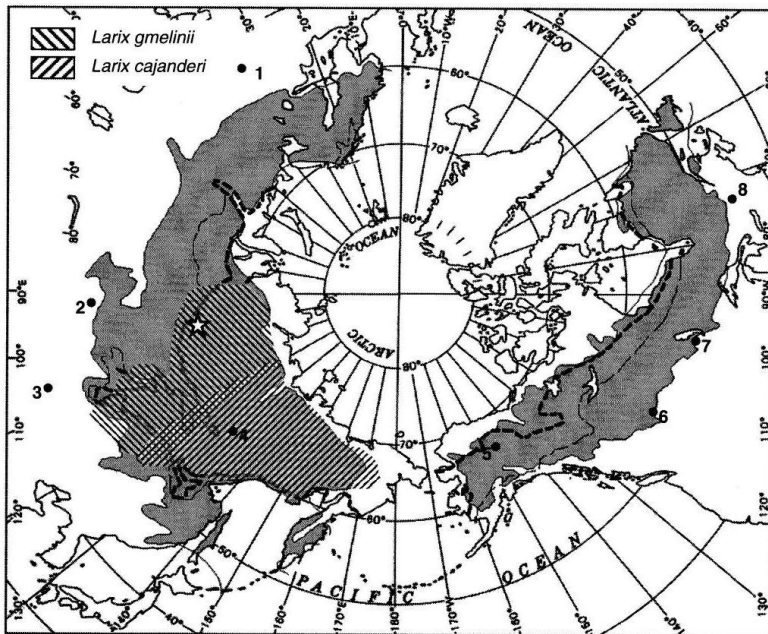


Рис. 1.4. Схема распределения бореальных лесов в северном полушарии (тёмный фон). Показаны также площади, занимаемые лиственницами Гмелина и Каяндера (Osawa, Зуганова, 2010).

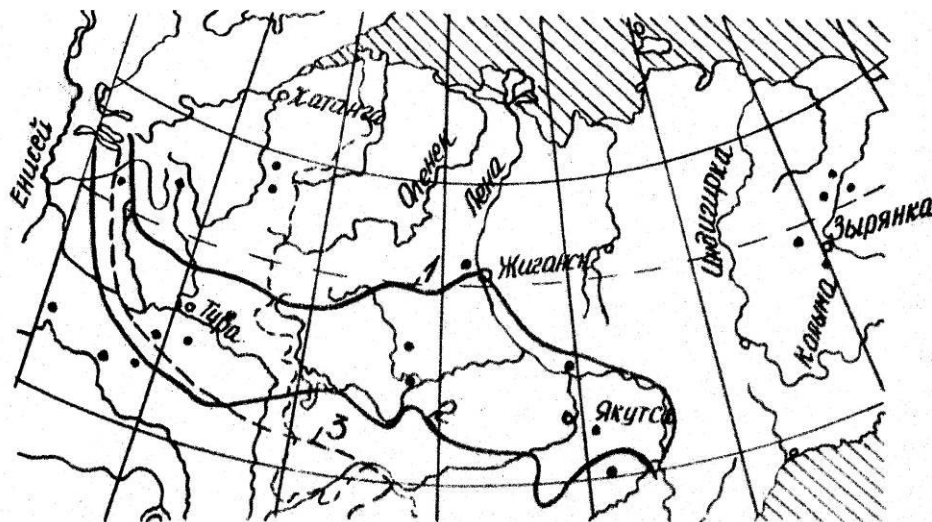


Рис. 1.5. Расположение мерзлотных поясов Сибири: 1– линия, разграничивающая северный и средний мерзлотные пояса; 2 – линия, разделяющая средний и южный мерзлотные пояса; 3 – граница ареалов лиственниц сибирской и Гмелина (Поздняков, 1975; Матвеев, Усольцев, 1991).

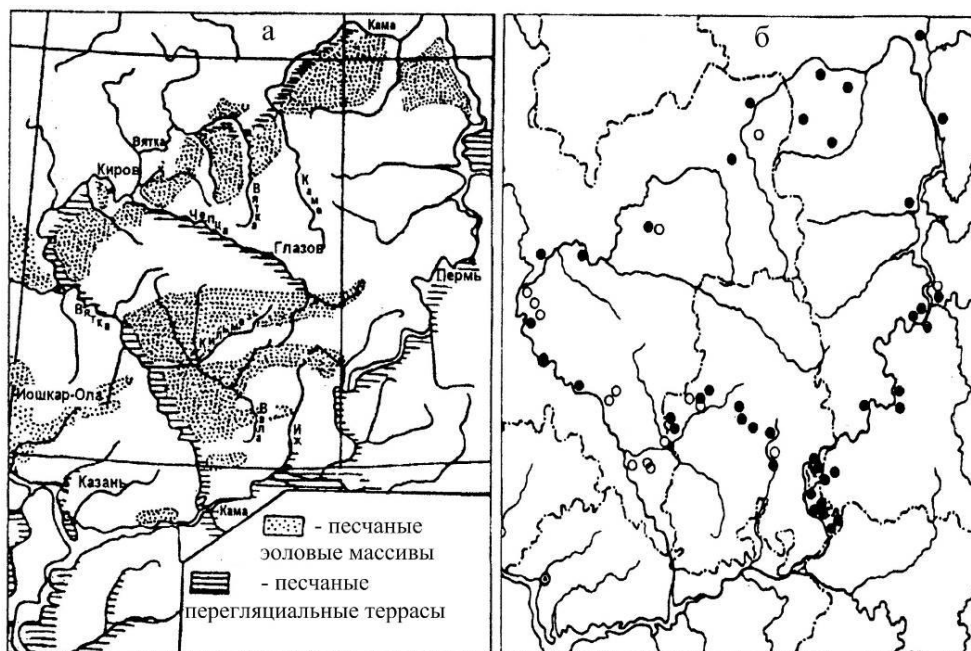
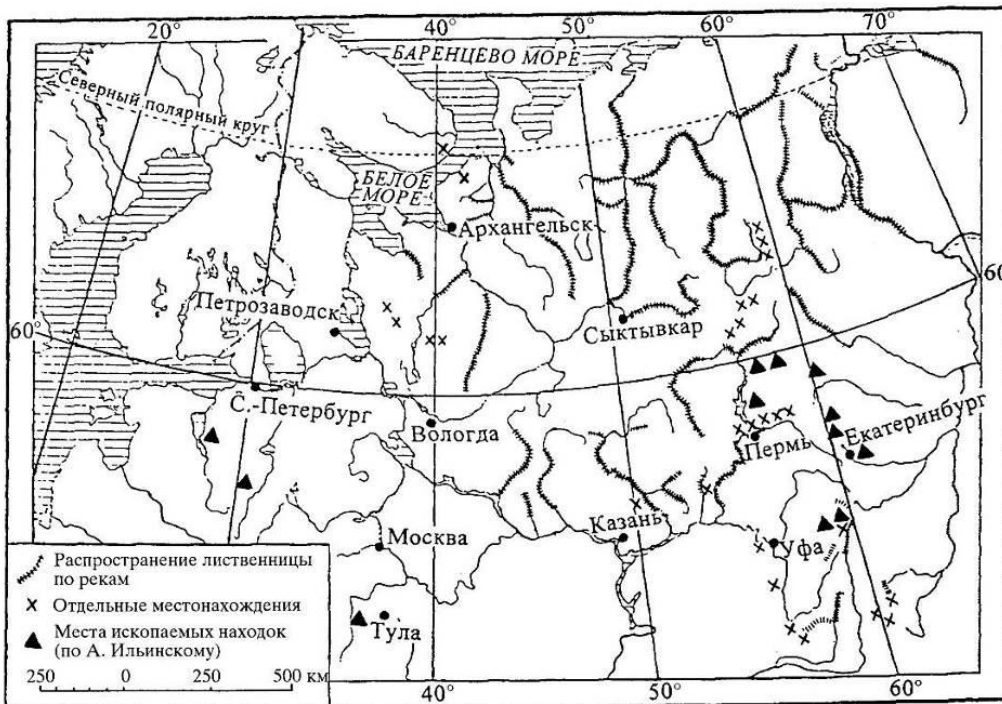
В Восточной Сибири к северу от 48<sup>0</sup> с. ш. расположен крупнейший в мире массив лиственничных лесов преимущественно очень низкой продуктивности. На большей части Сибири мерзлотные почвы с глубиной летнего оттаивания менее 1 м вследствие суровой зимы распространяются далеко на юг, а лиственничные насаждения, благодаря теплоте лета, — далеко на север, формируя обширные редколесья при ведущей роли корневой конкуренции (Говорухин, 1963; Софронов, Волокитина, 1998; Санников и др., 2012). Резкая континентальность климата, являясь фактором, устраняющим конкурентов лиственницы, способствует ее продвижению в область тундры и в горы.

С начала суббореального периода, вплоть до середины более влажного и прохладного субатлантического периода, лиственничные леса к югу от Урала вытеснялись степями. Но с середины субатлантического периода в условиях более влажного климата степи интенсивно покрывались лиственничными лесами. Остатки этих лесов в виде 400-летних деревьев с диаметром на высоте груди до 1,5 м Л.Н. Тюлина (1929) повсеместно встречала на лесных опушках Ильменского хребта. Они имели корявый ствол с отмершей вершиной и чрезвычайно мелкослойную древесину, т. е. несли на себе «следы более чем 300-летней жестокой борьбы леса с последними остатками степи» (с. 10).

Один из немногих уникальных памятников природы сохраняется до сих пор среди бескрайних степей Оренбуржья. Несмотря на преклонный возраст, лиственница обильно плодоносит, причем семена отличаются хорошей всхожестью. В 2012 году рядом с материнским деревом было высажено несколько саженцев из ее семян, и они успешно прижились, достигнув в 2013 году высоты около 1 м (Усольцев и др., 2013). Это явление противоречит хорошо известному факту, что по мере продвижения с севера на юг в зональном профиле и от подгольцового пояса к предгорьям - в высотном возрастает партенокарпия и активность конофагов, в результате чего на Южном Урале и

в предгорьях Хангая выход качественных семян равен нулю (Новоженков, 1973; Яновский, 1980).

К западу от Сибири характер распространения лиственницы меняется. Как отмечал А.П. Ильинский (1937), лиственница сибирская, покрывающая огромные площади в Сибири, в европейской части Союза имеет регрессирующий «продырявленный» ареал (рис. 1.6), часто приурочена к песчаным эоловым наносам (рис. 1.7) и в то же время прекрасно растет в искусственных посадках как к западу, так и к югу от него.



И.М. Крашенинников (1937) полагает, что южноуральские лиственнично-сосново-березовые леса представляют собой хорошо сохранившуюся «плейстоценовую лесостепь». Лиственница относится к наиболее быстрорастущим древесным породам. Поэтому использование её в искусственном лесоразведении является одной из главных задач по повышению продуктивности лесного покрова. По вопросам выращивания лиственницы имеется много разноречивых положений, когда на каждую позитивную точку зрения по вопросам ее культивирования имеется диаметрально противоположная (Bühler, 1886; Тимофеев, 1947). По мнению Г. Мюллера (Müller, 1918), применительно к лиственнице европейской (*L. decidua*) подобное явление следует считать вполне естественным, когда типичный для Альп высокогорный вид (1700–2400 м над уровнем моря) пытаются культивировать на равнине. Ослабевающая в несвойственных лиственнице условиях теплого, влажного климата Германии и Шотландии, она часто поражается лиственничным раком (грибок *Peziza willkommii* R. H.) и гибнет. «Эта опустошительная болезнь... в средней и северной Германии уничтожила большинство искусственных лиственничных насаждений и сделала почти невозможной культуру этой прекрасной породы» (Кеппен, 1885. С. 220, 263).

Тем не менее, специальным исследованием культур лиственницы европейской за пределами ее естественного ареала, выполненным Конрадом Пинтаричем в Боснии, установлено, что там они могут успешно произрастать в свежих дубово-буковых и буковых типах лесорастительных условий (Pintarić, 1958).

В целом, в вопросе о требованиях лиственницы европейской к климату большинство западноевропейских авторов указывают на преимущество и необходимость его континентальности для успешного ее роста, что является следствием истории происхождения рода *Larix* (Тимофеев, 1947). Этим же объясняется успешный рост культур лиственницы европейской в условиях более континентального климата лесной зоны европейской России. Лиственницы растут здесь в культуре по Ia –Iв бонитету, существенно превышая



производительность местных древесных видов (Яблоков, 1934; Лаас, 1956; Янушко, 1962; Никитин, 1966; Редько, Коротаев, 1987).

История лесокультурного производства лиственничных насаждений насчитывает в России несколько столетий. Наиболее ранний опыт был заложен Фокелем в подзоне средней тайги на Карельском перешейке посевом семенами из-под Архангельска. К возрасту 183 года лиственница достигла здесь запаса более 1800 м<sup>3</sup>/га, что втрое превышает запасы местных хвойных (рис. 1.8).

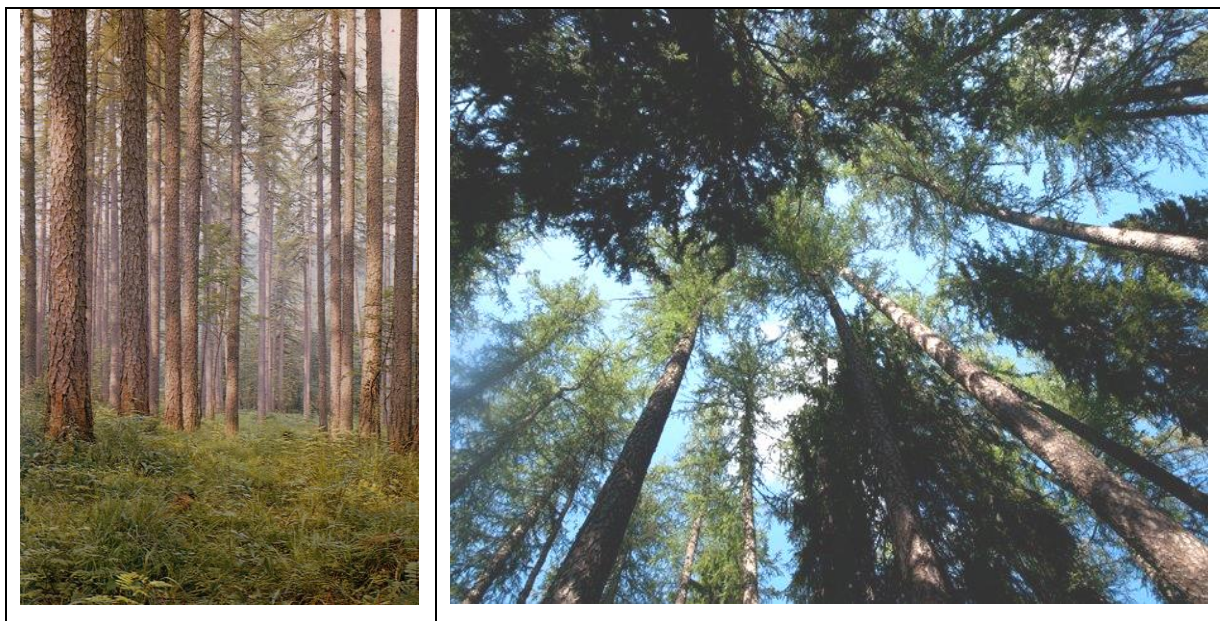


Рис. 1.8. Линдуловская роща - уникальный памятник отечественного лесоводства. Ленинградская область, Выборгский район, Рощино (<http://dendrology.ru/books/item/f00/s00/z0000009/st007.shtml>). Фото О.И. Евлахова.

Обобщив имевшийся опыт создания культур лиственницы сибирской, А.П. Тольский в 1937 году разработал систему их районирования на европейской территории бывшего СССР (рис. 1.9). Располагая данными о температуре и осадках, А.П. Тольский разбил всю область распределения естественных лиственничников и культур на три климатических зоны в диапазоне от 58<sup>0</sup> до 65<sup>0</sup> с. ш.

В 1970-е годы Казахским научно-исследовательским институтом лесного хозяйства и агролесомелиорации осуществлялись широкомасштабные работы по созданию опытных полезащитных лесных полос (Бо-

зриков, Данчев, 1984). В бывшей Кустанайской области для этого использовали в основном, березу и лиственницу. Береза позднее сильно пострадала при обработке полей гербицидами, а лиственница уцелела. Более того, в лиственничных позахитных полосах идет сегодня успешное естественное возобновление.



Рис. 1.9. Карта-схема естественного и искусственного распространения лиственницы сибирской в европейской части бывшего СССР (Тольский, 1937).

Это кажется довольно неожиданным явлением, поскольку вследствие интенсивного роста на западном и южном пределах ареала чистые лиственничники формируют слишком толстую подстилку из ежегодно опадающей

хвои, а сквозистость лиственничного полога способствует задержанию почвы. Все это в совокупности препятствует укоренению самосева, и подрост там практически отсутствует. Обследовав состояние культур лиственницы на Уфимском плато, С.И. Конашова (2000 а, б) констатирует, что отсутствие подроста под пологом лиственницы оставляет будущее этих насаждений без перспективы на воспроизводство.

Однако лиственница в соответствующих почвенных условиях растет еще южнее, на территории самого южного Наурзумского бора Костанайской области ( $51^{\circ}30'$  с.ш. и  $64^{\circ}15'$  в.д.; среднегодовые осадки – 233 мм, среднегодовая температура воздуха  $2,4^{\circ}\text{C}$ ). Культуры лиственницы, отличающиеся в настоящее время хорошим ростом и состоянием благодаря наличию дренажа близко залегающих грунтовых вод (рис. 1.10), были созданы в разнотравно-перистоковыльной степи на темно-каштановых супесчаных почвах на склоне Докучаевского плато (Усольцев, 2014в).



Рис. 1.10. Культуры лиственницы в Наурзумском бору посадки 1965 года. Общая площадь 2 га. 2013 г. Фото Т.М. Брагиной.





В условиях южной лесостепи лиственница достигает наибольшей продуктивности (класс бонитета I - Ia) на лугово-чернозёмных незасолённых почвах и низшей продуктивности (класс бонитета III) - на лугово-чернозёмной слабосолонцеватой и солончаковатой почвах (см. рис. 1.12).

В условиях центральной лесостепи (Воронежская область) продуктивность 50-летних географических культур лиственницы зависит от происхождения семян: наибольшим запасом ( $875 \text{ м}^3/\text{га}$ ) характеризуется лиственница европейская происхождением с Западной Украины, наименьшим ( $78 \text{ м}^3/\text{га}$ ) – лиственница Гмелина из Бурятии (Чернодубов, Волкова, 2008). В условиях лесостепной зоны Хакасии по лесостроительным материалам 1972, 1984 и 1994 годов выполнен анализ изменения состава культур лиственницы сибирской в двух типах леса (Павлов, Барабанова, 2003). Чистые культуры, созданные в 1972 году, к 1984 и 1994 годам изменили состав, и доля лиственницы составила соответственно 80-82 и 72-75%, самосев березы – соответственно 12-15 и 21-22 % и самосев осины – соответственно 3-8 и 4-8% (рис. 1.13). Идёт процесс «натурализации» искусственных фитоценозов лиственницы, т.е. естественного переформирования их в сложные разновозрастные экосистемы (Fürst et al., 2004; Schmidt, Denner, 2005; Алятин, 2007).

Ю.П. Демаковым с соавторами (2004) была исследована дифференциация деревьев в чистых 45-летних культурах лиственницы, посаженной по схеме  $2 \times 2 \text{ м}$ . Установлено, что даже среди деревьев одного ценоотического положения имеется широкая амплитуда величины годичного слоя в пределах календарного года и выраженная асинхронность её динамики. К возрасту 32 года величина диаметра ствола на 60% определяется генотипом и на 40% - биоценоотическим окружением.

Важное значение для выживания посадок лиственницы имеет характер смешения с другими породами, однако имеющиеся результаты иногда прямо противоположны. Например, согласно наблюдениям Е.Г. Кучерявых (1948), лиственница произрастает более успешно в смеси с лиственными видами. А.И. Верзунов (1975) в условиях Казахского мелкосопочника дифференци-

рует влияние лиственных пород на лиственницу и отмечает положительную роль клена татарского и липы мелколистной, но отрицательную – березы повислой и клена ясенелистного.

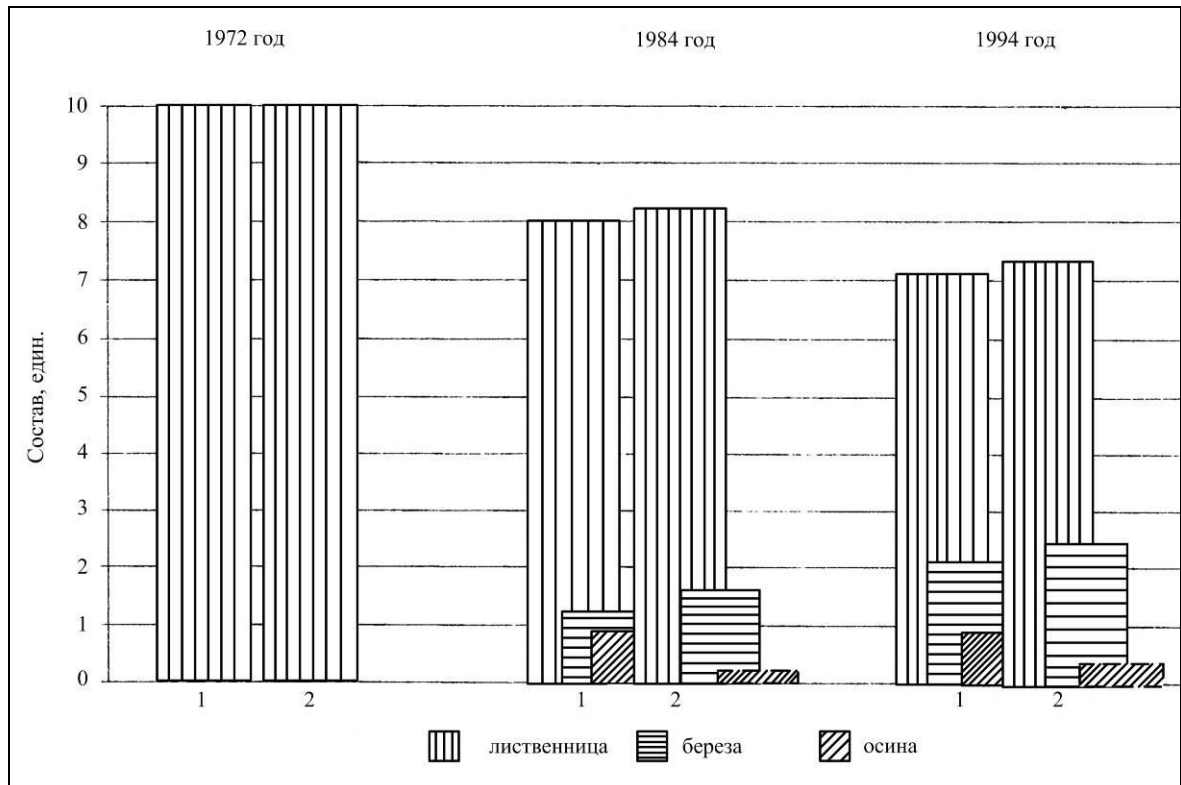


Рис. 1.13. Изменение состава культур лиственницы сибирской с 1972 по 1994 гг.; 1 и 2 - соответственно осочково-разнотравный и разнотравно-осочковый типы леса (Павлов, Барабанова, 2003).

При смешении с березой лиственница растет хуже, чем в чистых насаждениях, особенно в старших возрастах (Салмина, 1973). При посадке лиственницы в смеси с березой последняя подавляет лиственницу не только в надземном пологе, но и в корнеобитаемом пространстве (рис. 1.14). Береза захватывает своими сосущими корнями верхнюю, наиболее плодородную часть почвы, оттесняя корни хвойных в ниже лежащие слои почвы (Олейникова, 1962). При смешанных посадках березы с лиственницей береза подавляет ее рост не только в зоне конкуренции корней за элементы питания и влагу, но и своими фитонцидами через их биохимические воздействия (Колесниченко, 1976).

На Среднем и Южном Урале, а также на южных черноземах Северного Казахстана в течение первых двух десятилетий после посадки взаимоотно-

шения сосны и лиственницы складывались в пользу последней (Харитонов, Видякова, 1965; Шебалов, 1968, 1976; Верзунов, 1975). Однако после 25 лет названные породы меняются ролями, и лиственница начинает уступать в росте сосне в степени, пропорциональной доле участия последней в составе (Верзунов, 1975).

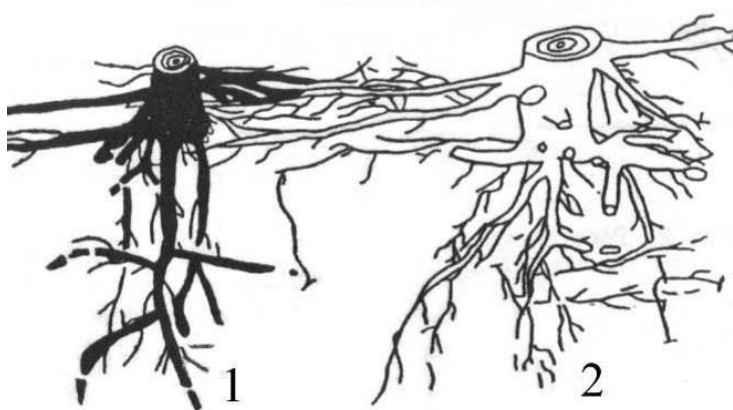


Рис. 1.14. Экспансия корней березы белой (2) в корнеобитаемое пространство лиственницы сибирской (1) (Фрикель, 1978).

Подобную смену ролей у лиственницы и сосны в европейской России В.П. Тимофеев (1981) относит к более раннему возрасту – 8-15 лет. Аналогичная закономерность установлена при совместном произрастании культур сосны и лиственницы в Московской и Вологодской областях (Поляков и др., 1986). На дерново-подзолистой супеси восточного предгорья Среднего Урала сосна и лиственница до 51 года растут успешно, однако последняя начинает уступать сосне по приросту: в высоту – на 10 % и по диаметру – на 33 % (Харитонов, Видякова, 1965).

В Кировской области на бывших сельскохозяйственных землях были созданы смешанные культуры лиственницы, сосны и ели с шириной междурядий 3 м и расстоянием в ряду 0,7 м по схеме: ряд лиственницы чередовался с рядом сосны и ели, где ель и сосна чередовались по одной в ряду в соотношении 1 : 1 (Нуреева и др., 2011). Спустя 21 год соотношение древесных пород было следующим (рис. 1.15): в верхнем ярусе, включая лидеров, доминировала сосна (около 73% от общей численности сосны), в среднем ярусе доминировала лиственница (37% от общей численности лиственницы) и в нижнем – ель (58% от общей численности ели).

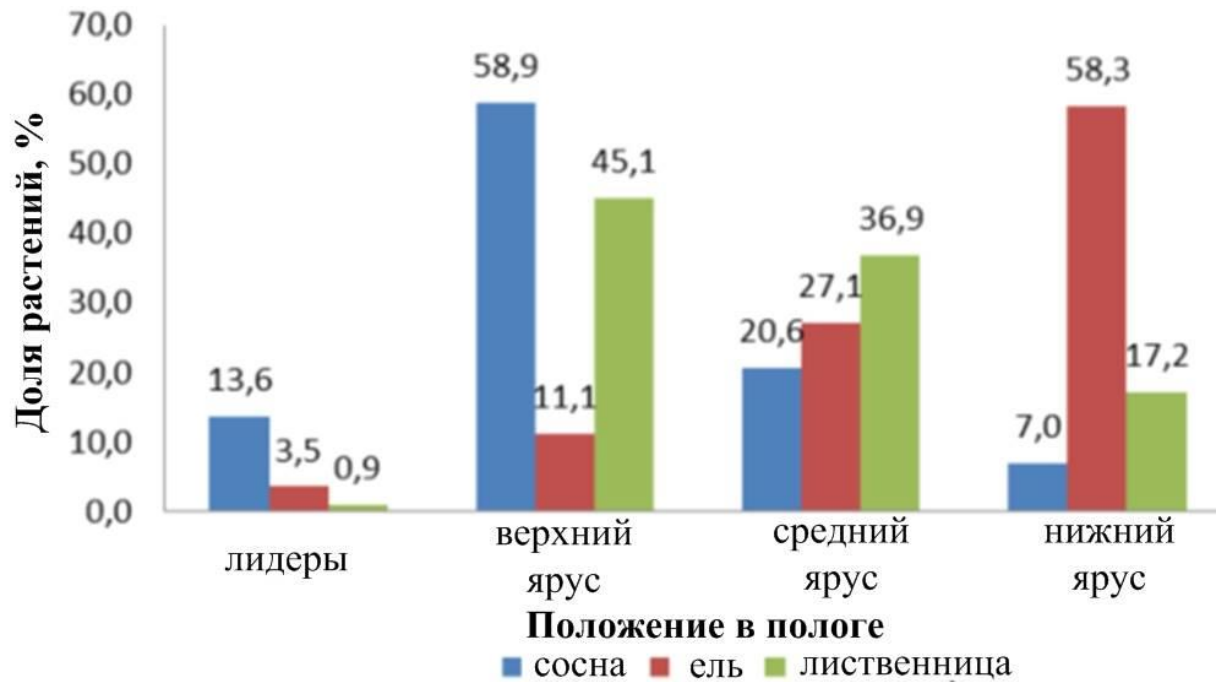


Рис. 1.15. Распределение деревьев в смешанных 21-летних культурах по положению в пологе древостоя (Нуреева и др., 2011).

В Чехии были заложены постоянные пробные площади в молодняках бука разной густоты, в которых изначально была высажена лиственница европейская, с таким расчетом, чтобы высоты деревьев лиственницы и бука были примерно одинаковы (Saniga, 1989). В насаждениях разной густоты были замерены приросты лиственницы в высоту за последние 3 года и рассчитаны индексы конкуренции (Braathe, 1980), характеризующие степень конкурентного давления на лиственницу со стороны бука.

Установлено, что при густоте бука 30 тыс. экз./га и менее связь прироста лиственницы с индексом конкуренции отсутствует (рис. 1.16). Автор объясняет это более развитой корневой системой у лиственницы, которая компенсировала дефицит освещённости, являющийся следствием близкого расположения деревьев бука.

При густоте букового молодняка 40 тыс. экз./га и выше имеется статистически значимая обратная связь ( $R^2 = 0,66$ ) прироста лиственницы в высоту с индексом конкуренции (рис. 1.17).

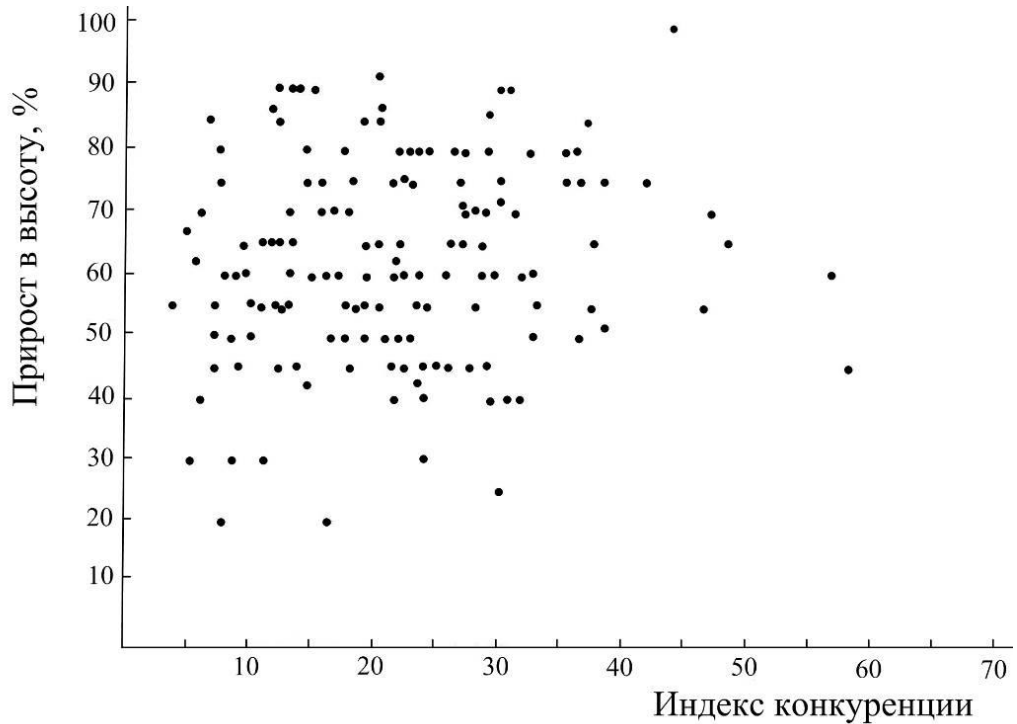


Рис. 1.16. Соотношение 3-летнего прироста лиственницы в высоту (в % от максимального) и индекса конкуренции в буковых молодняках с густотой 30 тыс. экз./га и менее (Saniga, 1989).

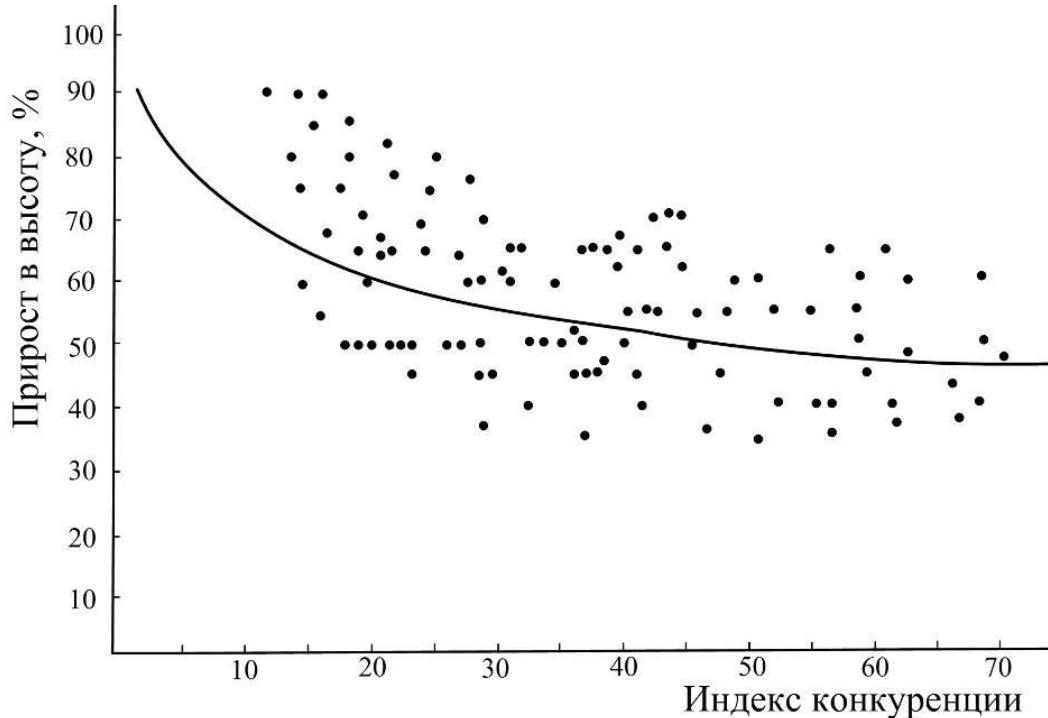


Рис. 1.17. Связь 3-летнего прироста лиственницы в высоту (в % от максимального) с индексом конкуренции в буковых молодняках с густотой 40 тыс. экз./га и выше (Saniga, 1989).

Исследованиями А.И. Верзунова (1980) установлено, что в условиях казахстанской лесостепи при смешении с сосной в случае доли последней в составе более 40% лиственница растёт значительно медленнее, чем в чистых культурах. Более детальный результат получен В.В. Кузьмичёвым и О.П. Секретенко (2001) на двух участках 90-летних лиственнично-сосновых культур, заложенных на черноземах омской лесостепи Н. Грибановым: на первом доля лиственницы по запасу возрастает с 20 до 50 %, а на втором сохраняется на уровне 20 %. Размещение сосен на обоих участках равномерное. Поскольку на первом участке лиственница изначально была представлена пространственно обособленными группами, а на втором ее размещение имеет случайный характер, на основе использования радиальной функции распределения сделан вывод, что конкурентное давление на лиственницу со стороны сосны больше, чем на сосну со стороны лиственницы. По-видимому, неслучайно в средней полосе России и в Западной Европе почти все попытки разведения лиственницы с сосной привели в конечном итоге к отрицательным результатам (Klamroth, 1929; Яблоков, 1934).

Тенденция в изменении ареалов лиственниц хорошо диагностируется по ее возобновительной способности в том или ином регионе. Так, в этом отношении довольно неустойчивы позиции лиственницы сибирской на южном пределе ареала в горах Южного Алтая. Возобновление имеется во всех типах леса, однако на темноцветных лесных почвах оно почти повсеместно происходит неудовлетворительно: в сухих условиях – вследствие задернения и иссушения почвы, а при среднем увлажнении – в результате подавления развитым травяным покровом. Наиболее успешно процесс естественного возобновления происходит под разреженным пологом лиственницы в субальпийском поясе Южного Алтая (Поварницын, 1941; Лагов, 1961). Этот процесс идет удовлетворительно и на Монгольском Хангае, но лишь в перестойных разреженных древостоях (Дугаржав, 1996).

В пределах естественного произрастания на Среднем Урале лиственница Сукачева характеризуется хорошей возобновительной способностью

под пологом леса (Коновалов, 1959), однако далее к западу подрост отсутствует из-за развитого напочвенного покрова и слабой всхожести семян, в результате чего с 1920-х по 1980-е гг. доля лиственницы в составе лесов сократилась здесь почти втрое (Поляков и др., 1986).

К западу и югу от естественного ареала лиственницы отмечается ее низкая возобновительная способность и в культуре, главным образом по тем же причинам: сильное задернение почвы под специфичным для лиственницы сквозистым пологом и образование мощной (10-15 см) подстилки (Яблоков, 1934; Верзунов, 1987). Задернение почвы в чистых культурах лиственницы европейской отмечал также К. Кламрот (Klamroth, 1929) в предгорьях Гарца, полагая, что естественные для чистых лиственничников местообитания находятся в подгольцовом поясе. По-видимому задернение почвы как следствие сквозистости лесного полога и формирование мощной подстилки под пологом как результат интенсивного роста и опада хвои препятствуют естественному распространению лиственницы как в пределах, так и за пределами ее основного ареала.

Таким образом, естественное распространение лиственниц в Евразии, а также выживание культур за пределами ее ареала, определяются условиями среды, в которых другие виды либо не могут произрастать, либо обладают низким потенциалом листовой поверхности. Выработанные лиственницей приспособительные реакции, в том числе листопадный статус, позволяют ей переносить экстремально низкие температуры, летнее и зимнее обезвоживание, а также повреждающие факторы городской среды. При этом она формирует хорошо освещенную крону, высоко эффективную по продуктивности фотосинтеза и использованию азота, что обеспечивает ей уровень связывания атмосферного углерода, сопоставимый с вечнозелеными хвойными (Усольцев, 2001).

Как типичная порода континентального климата, лиственница на обширных территориях Сибири при сравнительно низкой производительности и низких полнотах имеет сплошной ареал, выходящий за пределы ареала



других хвойных. Однако в более мягких и добротных лесорастительных условиях европейской и дальневосточной частей ареала лиственница уступает свои лидирующие позиции другим древесным: ее ареал становится все более «продырявленным», а встречаемость – лишь в виде примеси к другим видам. По мере продвижения из Сибири на запад и юго-восток и соответствующего снижения степени континентальности климата продуктивность лиственниц возрастает, иногда в несколько раз, опережая в этом отношении другие виды, но при этом резко сокращается диапазон условий произрастания, пригодных для успешного роста и возобновления лиственницы (Усольцев, 2008).

В этих условиях интенсивный рост хвои и обмен веществ при наличии специфичного для лиственницы сквозистого полога способствуют образованию мощной подстилки либо дернины, исключающих естественное возобновление. Формирование мощной подстилки и дернины, а также массовое повреждение семян насекомыми-вредителями и болезни в более мягком климате и в улучшенных почвенных условиях становятся факторами, ограничивающими территориальную экспансию лиственницы даже в наиболее благоприятных для нее условиях роста, где она в результате вытесняется другими древесными видами.

На южном пределе лесной зоны Евразии в условиях резко континентального климата казахстанских степей лиственница в культуре более устойчива к неблагоприятным факторам среды в сравнении с посадками сосны, хотя в естественных насаждениях последняя произрастает здесь успешно, а лиственница практически отсутствует. В условиях украинских степей с менее континентальным климатом происходит повсеместная гибель лиственничных культур, хотя культивирование сосны там дает обычно положительный результат (Усольцев, 2008).

## 1.2. Оценка структуры фитомассы деревьев: методы и результаты

### 1.2.1. Моделирование распределения ассимилятов в фитомассе деревьев: законы или закономерности?

По определению А. Декандоля (De Candolle, 1855), «методы – это то, что характеризует сущность науки в каждую эпоху и чем определяется ее прогресс». Во второй половине XX столетия таким основополагающим методом в науке стало математическое моделирование как одна из реализаций системного подхода к анализу сложных природных процессов. При построении модели объект заменяется той или иной математической абстракцией в целях выявления закономерностей его поведения или функционирования. Для математиков является аксиомой тезис, что знание некоторых закономерностей освобождает от необходимости знания очень многих фактов.

В зависимости от цели исследования выбирается тот или иной метод математического моделирования, а поскольку каждый исследователь ставит перед собой свою цель, то методов моделирования и видов моделей накопилось уже неприлично много. В несколько меньшем количестве представлены классификации методов моделирования биоэкологических процессов (Глинский и др., 1965; Никитин, Швиденко, 1973, 1978; Munro, 1974; Антомонов, 1977; Флейшман, 1978; Розенберг, 1980, 1984; Pielou, 1981; Ågren, 1981; Кулль, Оя, 1984; Оя, 1985; Усольцев, 1985а,б, 1988, 2003; Running, Gower, 1991; и др.), каждую из которых тот или иной автор строит, исходя из специфики своих научных интересов.

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 представле-

ний 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). Проблему распределения ассимилятов между частями дерева П. Рачко (1979) решает вводом “принципа максимальной первичной продуктивности”, суть которого в том, что “новая биомасса распределяется по листьям, 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 целом, модель П. Рачко представляет систему балансовых уравнений круговорота элементов питания, интенсивности фотосинтеза и взаимосвязи фитомасс фракций с их структурой. Примеры подобных моделей были приведены в работах В.А. Усольцева (Усольцев, 2003; Усольцев и др., 2012а; 2014).

В группе моделей индуктивного характера идут «от эксперимента», т.е. вначале в соответствии с постановкой задачи набирается эмпирический материал, который затем анализируется, и выявляются те или иные закономерности. 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 (Налимов, 1971). 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 пове-

дение 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 отдалится от понятия «закон».

Применение физических правил к биологическим системам обычно не дает желаемого результата (Dhar, Giuliani, 2010). Например, 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).

В отличие от функциональной связи, эмпирическая закономерность «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). Тем не менее, эмпирическая закономерность дает возможность сиюминутного прогноза наиболее вероятного значения функции при заданных значениях аргументов. Законы физики и химии дают механистическое представление о биологических процессах (Houghton et al., 1996; Bengtsson, 1999). 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.

**Аллометрия: закон или закономерность?** Начиная с XIX века, исследователи, включая 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

$$Y = a X^b, \quad (1.1)$$

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 (1.1) 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*  $\sim$  *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. 1.18) при корреляционном отношении соответственно 0,7 и 0,8. Первые производные уравнений (см. рис. 1.18), 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.

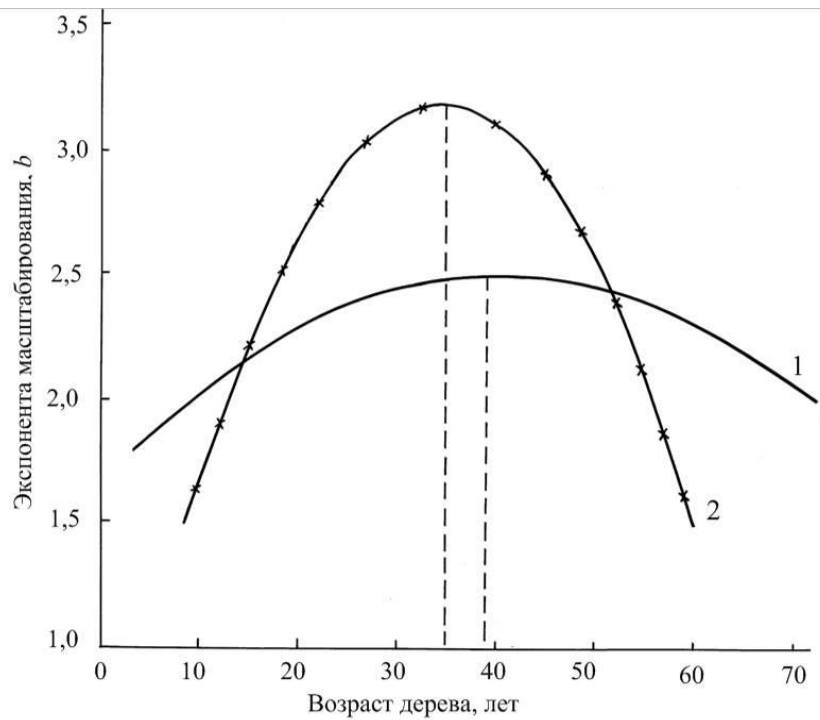


Рис. 1.18. Изменение экспоненты масштабирования  $b$  в берёзовых (1) и осинных (2) древостоях в связи с их возрастом (Усольцев, 1973).

В результате анализа онтогенетической аллометрии *масса ветвей* ~ *масса ствола* у берёз порослевого и семенного происхождения 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 берёзниках.

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 изометрического 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 выражения (1.1) состоит 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 (1.1) 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 (1.1) 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 коэффициен-



ты 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 (1.1) 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).

**Аллометрия масса ~ размер особи** (Усольцев и др., 2015а). В качестве альтернативы эмпирическому подходу для расчета экспоненты масштабирования  $b$  в уравнении (1.1) 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. P. 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. 1.19). 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, Saupé, 1988; Соколов, 1989; Strand, 1990; Zeide, 1991; Berezovskaya et al., 1993).

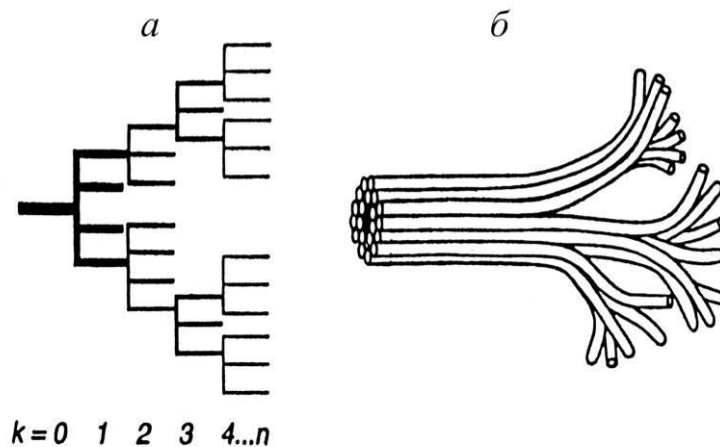


Рис. 1.19. Схематическое представление общности: (а) теории фракталов (показана топология ветвления от уровня  $k = 0$  (ствол) до уровня  $k = n$  (петиоли)) и (б) пайп-модели (символически показана система ветвящихся сосудов, состоящая из проводящих воду «трубок» и непроводящих тканей, выделенных черным цветом в центре пучка сосудов) (West et al., 1999).

Фрактальная модель Г. Веста (West et al., 1999) представляет собой своеобразный симбиоз двух теорий (см. рис. 1.19) – пайп-модели (Shinozaki et al., 1964), восходящей к Леонардо да Винчи вглубь пяти столетий (рис. 1.20), и фракталов. Модель основана на некоторых общих условиях-допущениях (West et al., 1999; Enquist, Niklas, 2001):

- система ветвления является “объемонасыщенной”, т.е. все пространство роста полностью заполнено;

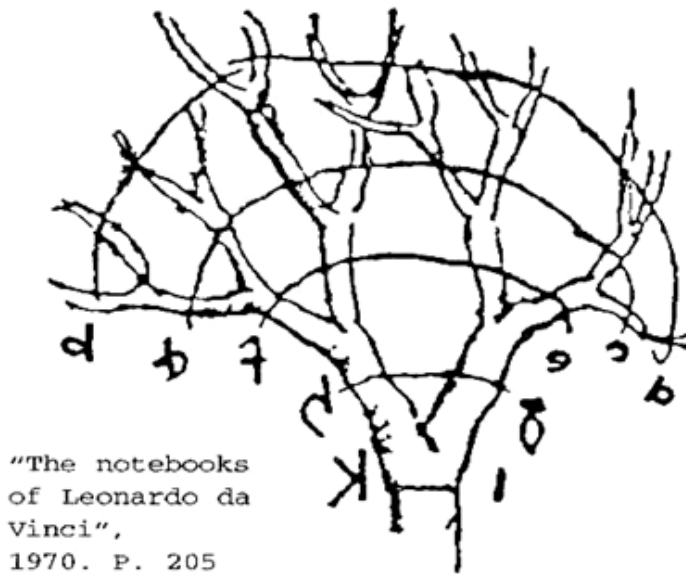


Рис. 1.20. Иллюстрация Леонардо да Винчи к его тезису о постоянстве поперечного сечения ствола и ветвей по вертикальному профилю дерева (The notebooks..., 1970).

- размер листы и петиолей инвариантен;
- биомеханическое напряжение в ветвящейся структуре постоянно;
- рассеяние энергии в ксилемном потоке минимально.

Согласно модели Г. Веста, надземная масса дерева  $P$  связана с диаметром ствола  $D$  по уравнению (1.1) 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 (1.1) 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. 1.21).

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.

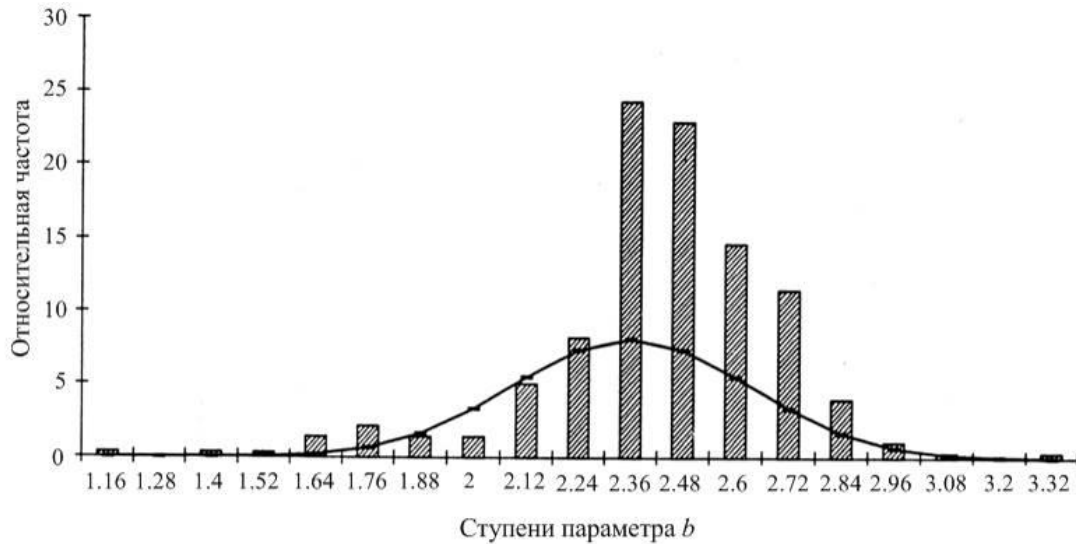


Рис. 1.21. Распределение частот по ступеням параметра  $b$ , полученного по 279 уравнениям (1.1), рассчитанным по фактическим данным разных авторов, на фоне кривой нормального распределения (Zianis, Mencuccini, 2004).

Д. Цианис и М. Менкучини 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 специфических 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 необхо-

димом рассматривать в качестве «пробного камня», и это применимо лишь при ориентировочных оценках массы дерева.

Вопрос, какая модель вида (1.1) предпочтительнее для оценки фитомассы на 1 га: полученная по локальным или рассчитанная по обобщенным для нескольких регионов фактическим данным деревьев – был исследован 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*а,в*). В итоге рассчитаны 107 уравнений (1.1) 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 (1.1) 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 было установить степень приемлемости моделей (1.1) с теоретическим или эмпирическим значением *b*, а также моделей (1.1) 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 (1.1), рассчитанных для массы деревьев сосны, было выделено несколько уровней обобщения, с 1-го по 7-й (Усольцев и др., 2006). Базовый массив последовательно дополнен данными других регионов. Например, 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 сос-

няками и, наконец, 5-й уровень – это все 1260 определений фитомассы в естественных сосняках и культурах. Шестой уровень представлен эмпирической моделью (1.1) 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. Используя ряды распределения деревьев по диаметру для каждой пробной площади получены пять определений фитомассы на 1 га (Усольцев и др., 2006, 2012а,в).

Каждое из полученных расчетных определений сопоставлялось с фактическим запасом фитомассы на 1 га, полученным по тем же рядам распределения, но не на основе моделей (1.1) разного уровня обобщения или моделей (1.1) с разными значениями  $b$  (2,34 и 2,67), а по фактическим определениям фитомассы на каждой пробной площади отдельно (Усольцев и др., 2006, 2012а,в). 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 (1.1) с 1-го по 6-й с коэффициентом корреляции 0,59 (рис. 1.22).

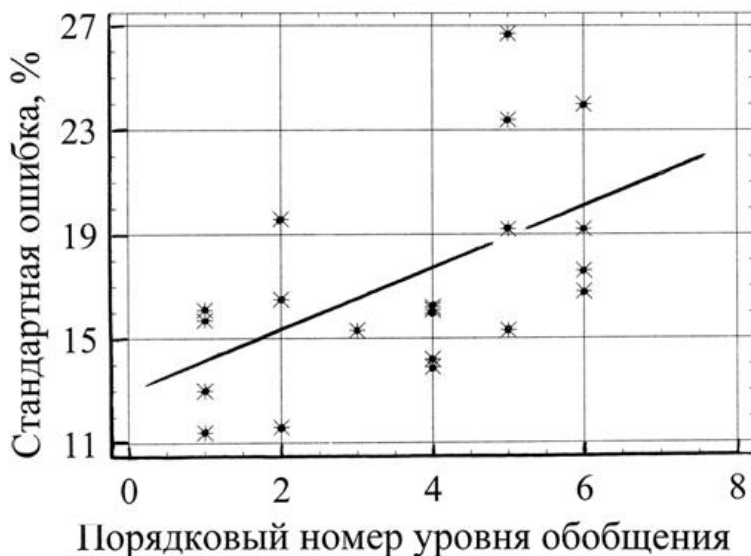


Рис. 1.22. Стандартная ошибка определения надземной фитомассы на 1 га по моделям (1.1) по отношению к значениям фитомассы, полученным по модельным деревьям каждой пробной площади, в зависимости от уровня обобщения моделей (1.1) (Усольцев и др., 2006).

Если на 1-м уровне обобщения средняя ошибка составила 14% в диапазоне от 11 до 16%, то на 5-6-м уровнях – 20% в диапазоне от 17 до 26%.

Средняя ошибка оценки фитомассы на 1 га по модели (1.2) 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% (Усольцев и др., 2006, 2012a, в).

Средняя стандартная ошибка определения надземной фитомассы на 1 га по модели Г. Веста оказалась на статистически значимом уровне ( $t = 7,8 > t_{05} = 2,0$ ) 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 ( $t = 0,23 < t_{05} = 2,0$ ), 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.

**Аллометрия *масса органа ~ общая масса особи*** (Усольцев и др., 2015a). Другая биологическая модель, предложенная Г. Вестом с соавторами (West et al., 1997), известная как «теория метаболического масштабирования» (MST), объединяет аллометрические соотношения (1.1) как у растений, так и у животных. В этом случае в зависимости (1.1)  $Y$  – 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 (1.1), равная  $\frac{3}{4}$ , будет оптимальной. К. Никлас и Б. Энквист 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 плот-

ности 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 (1.1).

Одна из главных задач исследователей состояла в установлении степени надёжности аллометрических соотношении (1.1) 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 у различных видов, 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» предпо-



лагают наличие жестких ограничений в развитии и эволюции формы и распределения масс в растениях.

Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2012, 2015) предложили альтернативу MST- моделям, которую назвали «теорией адаптивного распределения масс» (АРТ). Понимая, что строго пропорциональный 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 корректи-

роваться в соответствии с изменениями в размерах растений для обеспечения большего относительного преимущества в их продуктивности с учетом ключевых изменений в физиологии и внешних условиях.

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 надземной и подземной сферах остаются неизменными, молодые деревца 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 или вызвано изменениями состояния окружающей среды, молодые деревца 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., 2015), 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 значения 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.

Авторы делают вывод, что установленная ими схема распределения ассимилятов не соответствует теории метаболического масштабирования (MST). Скорее, она поддерживает альтернативную «адаптивную теорию распределения ассимилятов» (APT), 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.

### *1.2.2. Регрессионная оценка фитомассы дерева*

В последние годы в разных странах, в частности, в Канаде, оценка биологической продуктивности лесов совмещается с лесоинвентаризацией (Penner et al., 1997). При этом исходными данными для совмещения с материалами лесоинвентаризации служат регрессионные модели продуктивности фитомассы, полученные не на уровне древостоев (т/га), а на уровне деревьев (кг), составляющих эти древостои. Таксационные нормативы, как традиционные таблицы хода роста древостоев, так и таблицы хода роста фитомассы, ориентированы на оценку фитомассы на уровне древостоев в целом, причем чистых (одновидовых). В действительности доля чистых древостоев в лесном фонде не так велика, и смешанные древостои занимают значительные площади. Для оценки фитомассы таких древостоев (рис. 1.23) необходимы таксационные нормативы для подеревного определения фитомассы древостоев.

Фитомасса дерева чаще всего оценивается регрессионным путем с использованием двух основных массообразующих переменных – высоты и

диаметра ствола. Однако математические модели и таблицы, составленные для учета фракций фитомассы только по высоте и диаметру ствола, не отражая возрастных и других причин изменений в структуре фитомассы кроны, могут быть применены только для расчетов фитомассы в статике (Уткин, 1982; Усольцев, 1985а).



Рис. 1.23. Лесной ландшафт смешанного породного состава Мулань Вэйчан в провинции Хэбэй, район Чэндэ, Китай (<http://hebeitour.ru/natural.ph>).

В силу необходимости выявления механизма действия случайных процессов в онтогенезе в моделях фитомассы должен быть применен онтогенетический фактор - возраст дерева или древостоя. В работе Усольцева (1985а) были исследованы полифакториальные связи шести фракций фитомассы деревьев березы и осины – древесины и коры ствола, древесины и коры ветвей, листвы и отмерших ветвей – с основными определяющими факторами в возрастной динамике. Была применена рекуррентная система регрессионных уравнений общего вида

$$\begin{array}{l}
 \text{I. } P_i = f(A, Z, D, H); \\
 \uparrow \\
 \text{II. } H = f(A, D, H_{50}),
 \end{array}
 \tag{1.2}$$

где  $P_i$  – масса  $i$ -й фракции фитомассы дерева, кг;  $A$  – возраст дерева, лет;  $Z$  – относительная густота древостоя как отношение фактической густоты к табличной по ТХР;  $H_{50}$  – класс бонитета, выраженный высотой древостоя в базовом возрасте 50 лет;  $H$  – высота дерева, м;  $D$  – диаметр ствола на высоте груди, см. Уравнение (II) в (1.2) представляет модифицированную бонитетную шкалу М.М. Орлова как зависимость средней высоты ( $H_{cp}$ ) от возраста и класса бонитета нормальных древостоев  $H_{cp} = f(A, H_{50})$ , «развернутую» по ступеням толщины составляющих их деревьев.

Результаты табулирования (1.2) в виде таблиц полезны при подеревном учете и прогнозе динамики фитомассы деревьев по шести фракциям для различных ступеней толщины, возраста, густоты и классов бонитета. Они включают основные четыре фактора, по которым составляют обычные ТХР, их детализация в практических целях могла бы быть на этом закончена. Однако нужно иметь в виду, что процедура систематизации исходных данных фитомассы с использованием матрицы соотношений высоты, диаметра дерева, возраста и класса бонитета (уравнение II в системе (1.2)) позволяет вычленивать высоту дерева как опосредованный эдафический фактор, учитывающий как общую, так и локальную добротность местообитания. Введение такого интегрального фактора упрощает структуру моделей, но при этом в одной ячейке матрицы могут оказаться значения фитомассы деревьев из древостоев различных классов бонитета и густоты. Этого можно избежать, если эдафический опосредованный фактор расчленивать на составляющие: общую, выражаемую классом бонитета, и локальную, представленную высотой дерева при фиксированных ступенях толщины, возрасте, классе бонитета и густоте (Усольцев, 1988).

Подобная пятифакторная модель была выведена для массы хвои сосны Н.И. Казимировым и А.Е. Митруковым (1978) с той разницей, что вместо класса бонитета они вводили среднюю высоту, а вместо относительной густоты – относительную полноту. Среднеквадратическое отклонение по их модели не превышало  $\pm 8\%$ . В данном случае четырехфакторное уравнение (I) в системе (1.2) дало случайную ошибку 27% при определении массы листвы березы.

Снижение ошибки при определении массы листвы и кроны в целом с привлечением возраста и морфометрических показателей дерева навряд ли возможно, поскольку даже на локальных моделях в статике эта ошибка составляет 18% (Усольцев, 1985а). При вводе дополнительных факторов, выраженных морфометрическими показателями деревьев, фактически наблюдается не повышение доли объясненной изменчивости фитомассы, а лишь перераспределение ее между факторами. Рассмотрим пример альтернативного подхода к оценке фитомассы фитомассы деревьев.

**Использование радиального прироста в многофакторной оценке фитомассы деревьев (на примере сосны).** Овладение методами расшифровки аккумулированной в лесной фитомассе ретроспективной информации о реакции фитоценоза на экзо- и эндогенные воздействия являются важным условием оптимизации его биопродуктивного процесса (Лиёпа, 1980; Антанайтис, 1983). Начиная с самых первых работ по биопродуктивности насаждений, исследователи (Яблоков, 1934; Kittredge, 1944; Георгиевский, 1948) находили тесную взаимосвязь массы листвы с текущим объемным приростом дерева. Последний является интегральным показателем и определяется тремя составляющими – высотой, диаметром ствола и радиальным приростом (Лиёпа, 1980). В работах В.А. Усольцева (1983а, 1984) была отмечена повышенная информативность диаметра на трети высоты ствола ( $D_{0,3}$ ) по сравнению с диаметром на высоте груди ( $D$ ) не только при оценке объема ствола, но и при определении всех фракций надземной фитомассы, особенно в молодняках, когда диаметр  $D$  смещается в область кроны.

Было выполнено специальное исследование по количественной оценке фитомассы деревьев с привлечением в качестве независимых переменных возраста и экологических факторов, опосредованных дендрометрическими показателями, в число которых включены  $D_{0,3}$  и  $D$  и соответствующие им радиальные приросты ствола (Усольцев, 1988). По совокупности более 300 модельных деревьев сосны обыкновенной естественного и искусственного происхождения степной зоны Казахстана рассчитаны регрессионные зависимости (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Характеристика уравнений фитомассы деревьев сосны обыкновенной  
(Усольцев, 1988)

Уравнения	R <sup>2</sup> для			Номер уравнения
	хвои	ветвей	стволов	
$\lg P_i = f(\lg A, \lg Z, \lg D, H)$	0,929	0,947	0,994	(1.3)
$\lg P_i = f(\lg A, \lg Z, \lg D_{0,3}, H)$	0,945	0,960	0,996	(1.4)
$\lg P_i = f(\lg A, \lg Z, \lg D, H_{100})$	0,933	0,939	0,990	(1.5)
$\lg P_i = f(\lg A, \lg Z, \lg (D^2 H), \lg H_{100})$	0,931	0,943	0,992	(1.6)
$\lg P_i = f(\lg D, \lg Z^{(5)}_{1,3})$	0,912	0,912	-	(1.7)
$\lg P_i = f(\lg D_{0,3}, \lg Z^{(5)}_{0,3})$	0,947	0,947	-	(1.8)
$\lg P_i = f(\lg D, \lg Z^{(10)}_{1,3})$	0,897	0,914	-	(1.9)
$\lg P_i = f(\lg D_{0,3}, \lg Z^{(10)}_{0,3})$	0,935	0,951	-	(1.10)
$\lg P_i = f(\lg D)$	0,758	0,870	-	(1.11)
$\lg P_i = f(\lg D_{0,3})$	0,835	0,935	-	(1.12)
$\lg P_i = f(\lg (D^2 H))$	0,669	0,810	0,986	(1.13)
$\lg P_i = f(\lg (D^2_{0,3} H))$	0,719	0,865	0,994	(1.14)

*Примечание.*  $P_i$  – масса  $i$ -й фракции дерева в абсолютно сухом состоянии, кг;  $H_{100}$  – класс бонитета, выраженный высотой древостоя (м) в возрасте 100 лет (по М. М. Орлову);  $D_{0,3}$  – диаметр на трети высоты ствола, см;  $Z^{(5)}_{0,3}$  и  $Z^{(10)}_{0,3}$  – средняя ширина годичного кольца (мм) на высоте груди за последние 5 и 10 лет соответственно;  $Z^{(5)}_{1,3}$  и  $Z^{(10)}_{1,3}$  – то же, на трети высоты ствола.

Уравнения (1.3) – (1.6) объясняют от 99,6 до 93,0% изменчивости массы фракций. Детерминированность их снижается по фракциям в порядке ствол → ветви → хвоя. Наиболее детерминировано (1.4), включающее диаметр трети на высоты ствола  $D_{0,3}$ . Пятифакторная модель (1.6), куда входят возраст, высота, класс бонитета, диаметр и высота ствола, практически не

имеет преимуществ по степени адекватности перед четырехфакторными моделями (1.3) и (1.5), из которых в первой отсутствует класс бонитета, а во второй – высота дерева.

Уравнения (1.13) и (1.14) с двумя факторами (диаметр и высота дерева) по информативности для массы ствола практически не уступают (1.3) – (1.6), но для массы кроны дают наихудшие оценки даже по сравнению с (1.11) и (1.12), куда входит только диаметр ствола.

Последнее объясняется тем, что масса кроны при стабильном диаметре ствола в широком диапазоне экологических условий обратно пропорциональна  $H$  (в худших условиях продуктивность хвои ниже), а фактор  $D^2H$  предполагает прямую связь. При этом  $D$  и  $H$  связаны жестким соотношением показателей степени (2:1), что справедливо только для массы ствола вследствие относительной стабильности его формы (Усольцев, 1988).

Аналогичный результат показан китайскими исследователями: изменчивость массы хвои, ветвей и корней у деревьев лиственницы Принца Рупрехта в субтропическом поясе Китая они описали уравнением (1.12), а массы ствола и коры – уравнением (1.13) (Hou et al., 2015). Подобное использование двух типов уравнений для оценки разных фракций фитомассы применимо в случаях, когда по данным перечета деревьев рассчитывается фитомасса на 1 га, вначале по фракциям, а затем суммарно. Но для составления таблиц подеревной оценки фитомассы он неприменим, поскольку при этом мы не можем получить суммарную оценку всей фитомассы дерева.

Масса кроны по сравнению со стволом уравнениями (1.3) – (1.6) описывается много хуже, и есть резерв повышения их адекватности путем ввода показателя радиального прироста. Масса хвои наиболее точно оценивается по (1.8), включающему  $D_{0,3}$  и  $Z^{(5)}_{0,3}$ , причем  $Z^{(5)}_{0,3}$  по информативности эквивалентен совокупности факторов  $A$ ,  $Z$ ,  $H$ ,  $H_{100}$ . Масса ветвей дерева аккумулируется за более длительный период по сравнению с хвоей и во многом определяется спецификой отпада ближайших деревьев-соседей, ретроспективный учет которого невозможен (Усольцев, 1988).



Большая длительность периода накопления массы ветвей по сравнению с хвоей в онтогенезе дерева обуславливает необходимость ввода в уравнение фактора  $Z_{0,3}$  или  $Z_{1,3}$  с соответствующим периодом осреднения: оценки ветвей по (1.9) и (1.10) несколько лучше, чем по (1.7) и (1.8), для хвои же, как более динамичной фракции, наоборот (Усольцев, 1985а). Для ветвей преимущество (1.10) перед (1.8) по критерию  $R^2$  незначительное ( $0,951 > 0,947$ ), но в первом  $Z^{(10)}_{0,3}$  объясняет 50% общей изменчивости массы ветвей, а во втором  $Z^{(5)}_{0,3}$  только 0,1%, хотя  $Z^{(5)}_{0,3}$  статистически значим на уровне  $P_{0,5}$ . Выше представленные в общем виде регрессионные модели (1.7) – (1.10) получили следующие конкретные выражения (Усольцев, 1988):

для массы хвои

$$\lg P = -1,3293 + 1,5919 \lg D + 0,4793 \lg Z^{(5)}_{1,3} + 0,2897 \lg D \lg Z^{(5)}_{1,3} \quad (1.15)$$

$$\lg P = -1,5952 + 1,9293 \lg D_{0,3} + 0,4534 \lg Z^{(5)}_{0,3} + 0,1945 \lg D_{0,3} \lg Z^{(5)}_{0,3} \quad (1.16)$$

$$\lg P = -1,4213 + 1,5464 \lg D + 0,4760 \lg Z^{(10)}_{1,3} + 0,3131 \lg D \lg Z^{(10)}_{1,3} \quad (1.17)$$

$$\lg P = -3,1491 + 1,4470 \lg D_{0,3} + 0,4916 \lg Z^{(10)}_{0,3} + 0,1526 \lg D_{0,3} \lg Z^{(10)}_{0,3} \quad (1.18)$$

для массы ветвей

$$\lg P = -1,8278 + 2,1497 \lg D + 0,5576 \lg D \lg Z^{(5)}_{1,3} \quad (1.19)$$

$$\lg P = -2,1886 + 2,6440 \lg D_{0,3} + 0,3612 \lg D_{0,3} \lg Z^{(5)}_{0,3} \quad (1.20)$$

$$\lg P = -1,8484 + 2,0749 \lg D + 0,5815 \lg D \lg Z^{(10)}_{1,3} \quad (1.21)$$

$$\lg P = -2,1973 + 1,3770 \lg D_{0,3} + 0,4052 \lg D_{0,3} \lg Z^{(10)}_{0,3} \quad (1.22)$$

Диаметр  $D_{0,3}$  более информативен по сравнению с  $D$ , но менее технологичен в практическом использовании, особенно при обмере крупных деревьев. Поэтому были составлены отдельные таблицы массы кроны для молодых путем табулирования моделей (1.16) и (1.20) и для сосняков старших возрастов путем табулирования моделей (1.15) и (1.19). В первом случае входами служат диаметр и радиальный прирост на трети высоты ствола, во втором – те же дендрометрические показатели на высоте груди (Усольцев, 1988).

В регрессионных моделях (1.3) – (1.6), выполненных на уровне дерева, фигурируют основные факторы, обычно используемые в лесной таксации для составления различных таблиц объемов деревьев и запасов древостоев. При

включении в модели показателя радиального прироста большинство факторов, статистически значимых в моделях (1.3) – (1.6), становятся недостоверными, поскольку в радиальном приросте находит интегральное выражение весь комплекс эндо– и экзогенных воздействий. Это обстоятельство позволяет придать регрессионным моделям (1.15) – (1.22) прогностическую роль в описании возможных флуктуаций биопродуктивности, если увязать такие модели с дендроклиматическими шкалами или комплексом метеофакторов (Лиёпа, 1980; Розенберг, Феклистов, 1982).

Исследованиями И.М. Сидаравичуса (1985) установлено, что при одной и той же массе хвои дерева с повышением уровня локального загрязнения текущий прирост массы ствола существенно снижается по сравнению с контролем. Анализ взаимосвязей ассимилирующей массы дерева с радиальным или объемным приростами при стабильных возрастных и ценотических воздействиях на различных уровнях фонового и локального загрязнений окружающей среды может способствовать созданию системы диагностических признаков и характеристик при экологическом мониторинге лесов.

В целом можно сделать вывод, что при оценке фитомассы деревьев с применением регрессионного анализа необходимо подбирать в качестве независимых переменных количественные морфометрические характеристики деревьев, которые являются легко измеряемыми и, в то же время, достаточно информативными.

### **1.3. Географические аспекты продуктивности лесных насаждений**

#### *1.3.1. Фитомасса и чистая первичная продукция (ЧПП) насаждений и их связь с климатическими факторами*

Лиственница является преобладающей древесной породой в Сибири, однако географии ее продуктивности здесь посвящены лишь единичные исследования. В частности, Н.П. Гординой (1984) путем компонентного анализа из-

менений класса бонитета лиственничников вдоль по енисейскому меридиану с использованием лесоустроительных материалов установлено, что 93% изменчивости анализируемого показателя объясняют два климатических фактора: продолжительность вегетационного периода и сумма осадков.

Биологическая продуктивность лиственницы на многолетней мерзлоте и вне ее исследована японскими учёными. Отношение надземной фитомассы к подземной в лиственничниках на мерзлоте составляет около 2,3, а лиственницы сибирской вне мерзлоты – около 4,0-5,0 (Поздняков, 1975; Snorrason et al., 2002), как и сосны обыкновенной в Сибири, также вне мерзлотной зоны (Kajimoto et al., 2006) (рис 1.24). Таким образом, при одной и той же надземной фитомассе лиственницы на мерзлоте и хвойных (лиственницы и сосны) вне мерзлоты масса корней в первом случае примерно вдвое больше, чем во втором, что обусловлено дефицитом элементов питания на мерзлоте и соответствующим компенсационным эффектом.

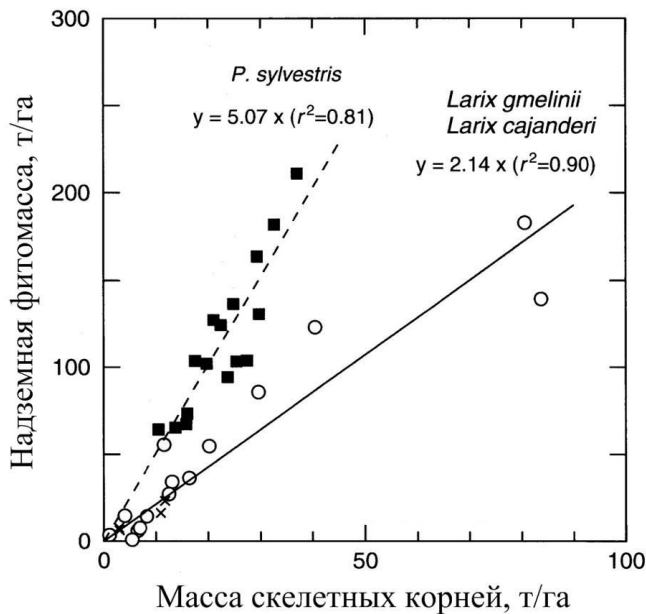


Рис. 1.24. Соотношение между надземной фитомассой и массой скелетных корней в лиственничных и сосновых древостоях Сибири (Kajimoto et al., 2006).

Т. Каджимото с соавторами (Kajimoto et al., 2010) была изучена фитомасса и ЧПП лиственницы трёх местообитаниях на многолетней мерзлоте: лиственница Каяндера – на северном ( $60^{\circ}$  с.ш.,  $160^{\circ}$  в.д.) и высотном ( $63^{\circ}$  с.ш.,  $145^{\circ}$  в.д., 1160 м над ур. моря) пределах лесов северо-востока Сибири и лиственница Гмелина – в Центральной Сибири (пос. Тура) ( $64^{\circ}$  с.ш.,  $100^{\circ}$  в.д.).

Авторы констатировали, что процессы отложения ассимилятов в тонких корнях лиственницы остаются пока неясными. Тем не менее, установлено:

- потенциальный углеродный пул и надземная ЧПП спелых лиственничных древостоев на многолетней мерзлоте меньше, чем в других бореальных вечнозелёных лесах, растущих вне мерзлотной зоны;

- надземная ЧПП резко возрастает и достигает максимума в возрасте 30 лет, а затем снижается;

- отложение ассимилятов существенно различается в молодых и спелых лиственничниках: в спелых древостоях предпочтение оказывается в большей степени корням и в меньшей – надземной фитомассе.

Низкая продуктивность лиственницы, как и других лесообразующих пород, характерна для всех высокоширотных регионов вследствие низкой температуры и короткого периода вегетации. Лиственничники Центральной Сибири обладают небольшой массой хвои – менее 1 т/га, и период активного поглощения углекислоты хвоей лиственницы составляет менее 2 месяцев – с середины июня до середины августа (Nakai et al., 2008). Это обусловлено началом весеннего оттаивания почвы и в меньшей мере – температурой воздуха.

Снижение ЧПП после достижения максимума объясняется несколькими факторами: уменьшение фотосинтетической способности, недостаток элементов питания, изменение приоритетов в отложении ассимилятов между надземной и подземной сферами (Schulze et al., 1995; Ryan et al., 1997). Дефицит элементов питания, особенно азота, на мерзлоте объясняет снижение накопления надземной фитомассы и надземной ЧПП лиственницы: деревья предпочитают депонировать ассимиляты в корневую систему, чтобы этим компенсировать дефицит элементов питания (Kajimoto et al., 2007). По свидетельству Д.Ф. Ефремова, почвенная мерзлота сокращает у лиственницы период жизнедеятельности тонких корней, определяющих физиологическую активность дерева, до двух недель в году (цит. по: Усольцев, 2008).

В период развернутых исследований лесов по 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; стр. 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; стр. 33). При ограниченном материале и недостаточно полном учете "экологических фонов" сопоставляемых насаждений оценка статистической значимости различий их биопродуктивности в 1960-1970-е гг. была невозможна.

Впервые представление о географической природной зональности сформулировано В.В. Докучаевым в начале XX века (Докучаев, 1948). Известно, что характер растительного покрова складывается под влиянием многих факторов, из которых главнейшим является климатический. Основные изменения климата и растительности происходят в широтном направлении в результате изменения интенсивности солнечной радиации (ФАР) (рис. 1.25 - 1.28) и в меридиональном направлении – от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии – в результате изменения континентальности климата (рис. 1.29).

Согласно М. Хастону с соавторами (Huston, Wolverton, 2009) максимальные значения ЧПП по зональному (широтному) профилю приходятся на 20-ю параллель северного полушария (см. рис. 1.27), а согласно К. Андерсону с соавторами (Anderson et al., 2006) – на экваториальную область (см. рис. 1.28).

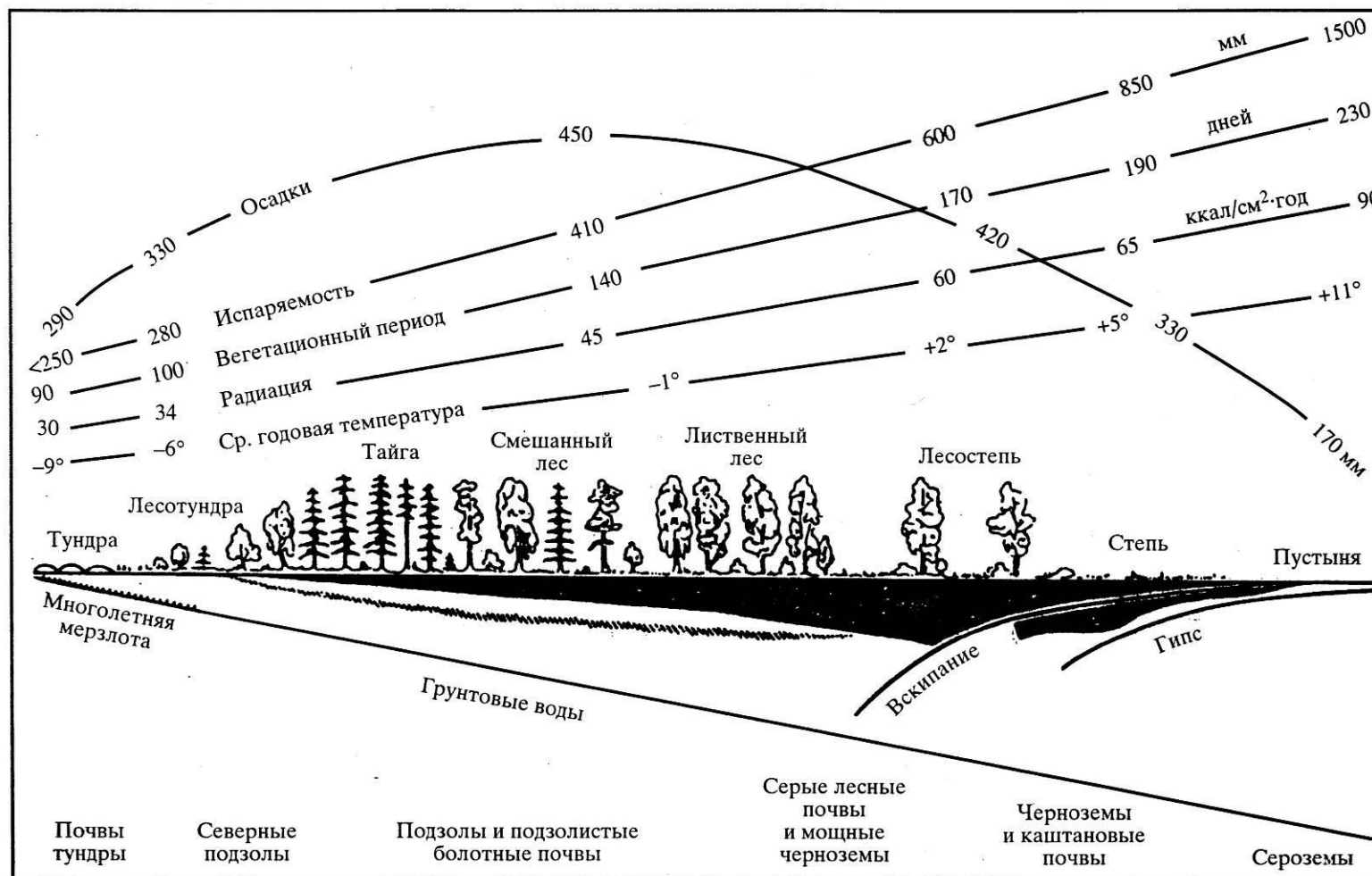


Рис. 1.25. Схема изменения растительности, климата и почв на зональном профиле европейской России (Вальтер, 1975).

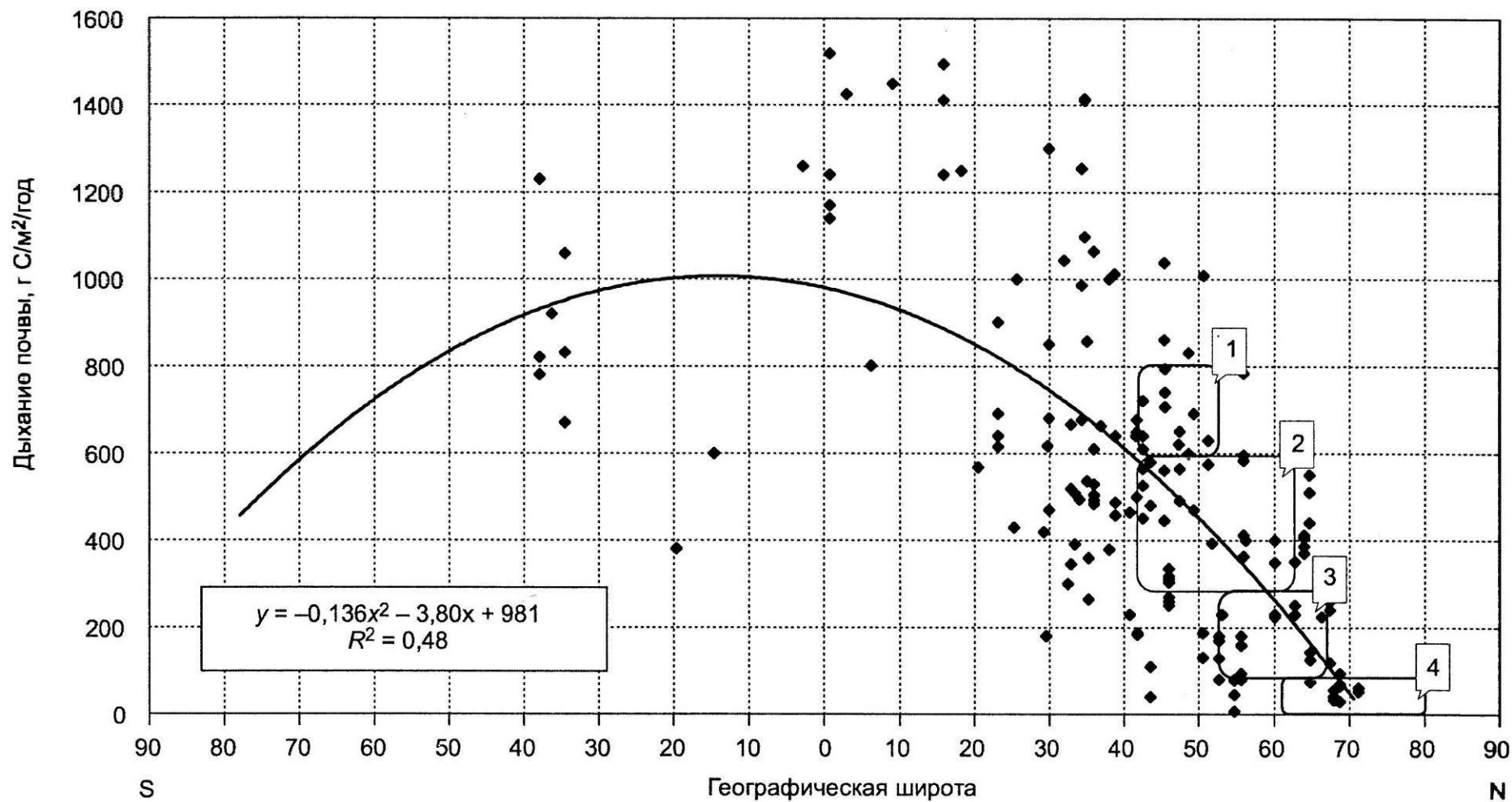


Рис. 1.26. Географическое распределение дыхания почв мира:  
1 – чернозёмы; 2 – степные почвы; 3 – почвы тайги; 4 – мерзлотные почвы (Наумов, 2009).

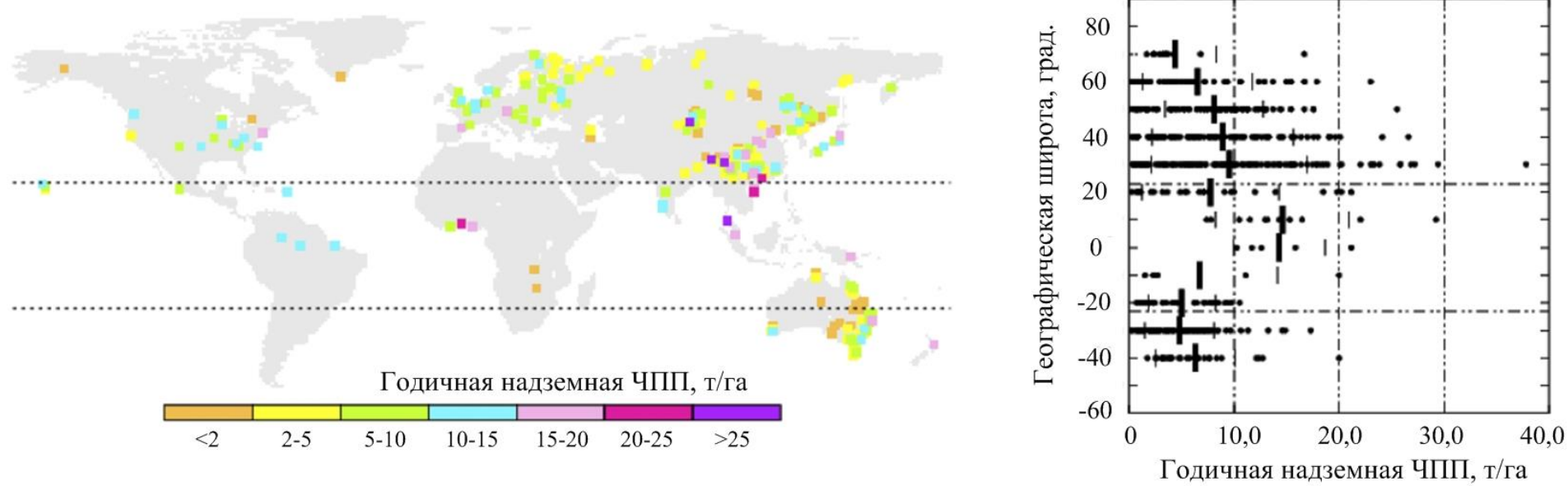


Рис. 1.27. Глобальное распределение годичной надземной ЧПП спелых насаждений планетарных лесов (Huston, Wolverton, 2009).



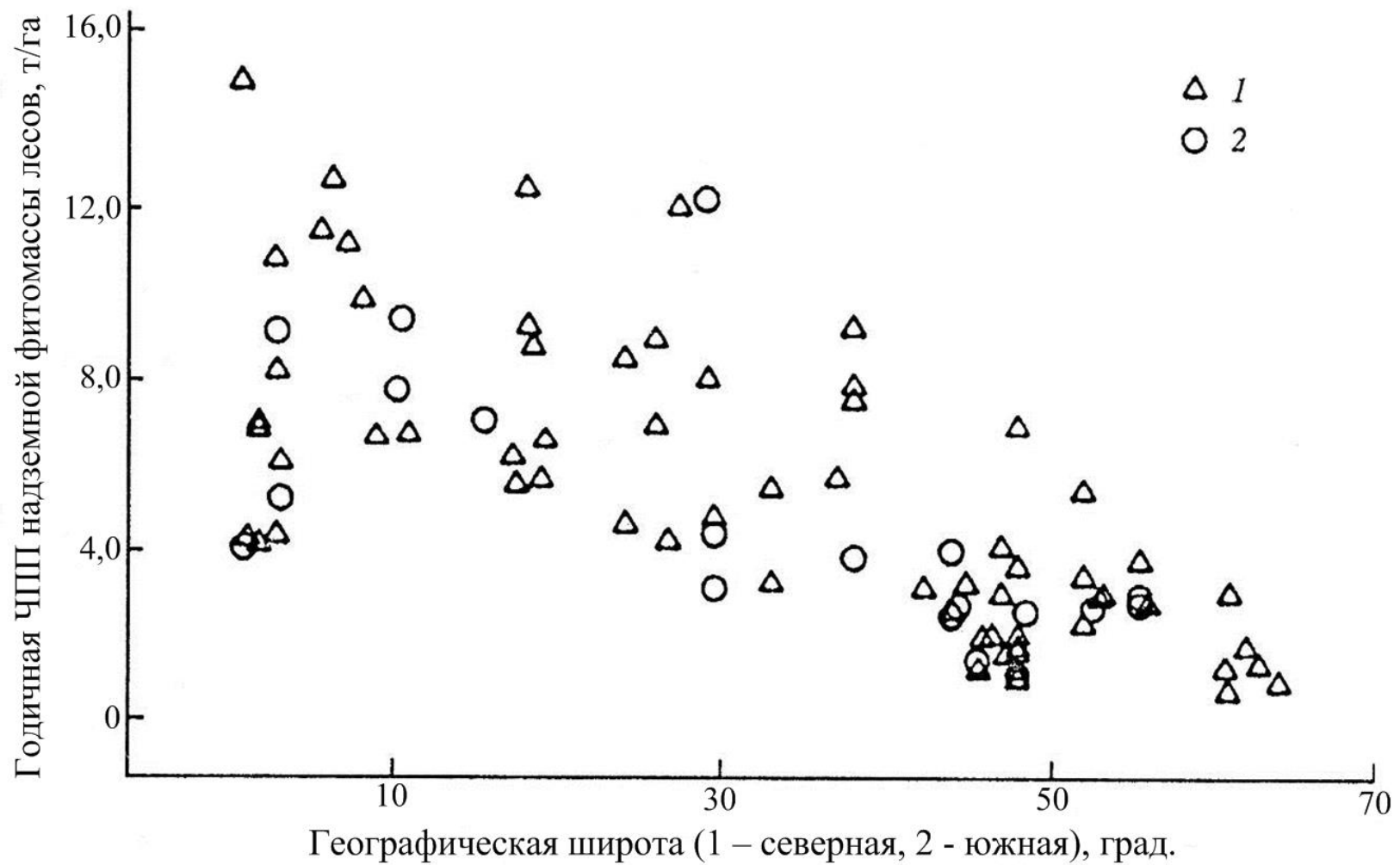


Рис. 1.28. Распределение годичной ЧПП надземной фитомассы лесов (т/га) от тропиков к полюсам (Anderson et al., 2006).

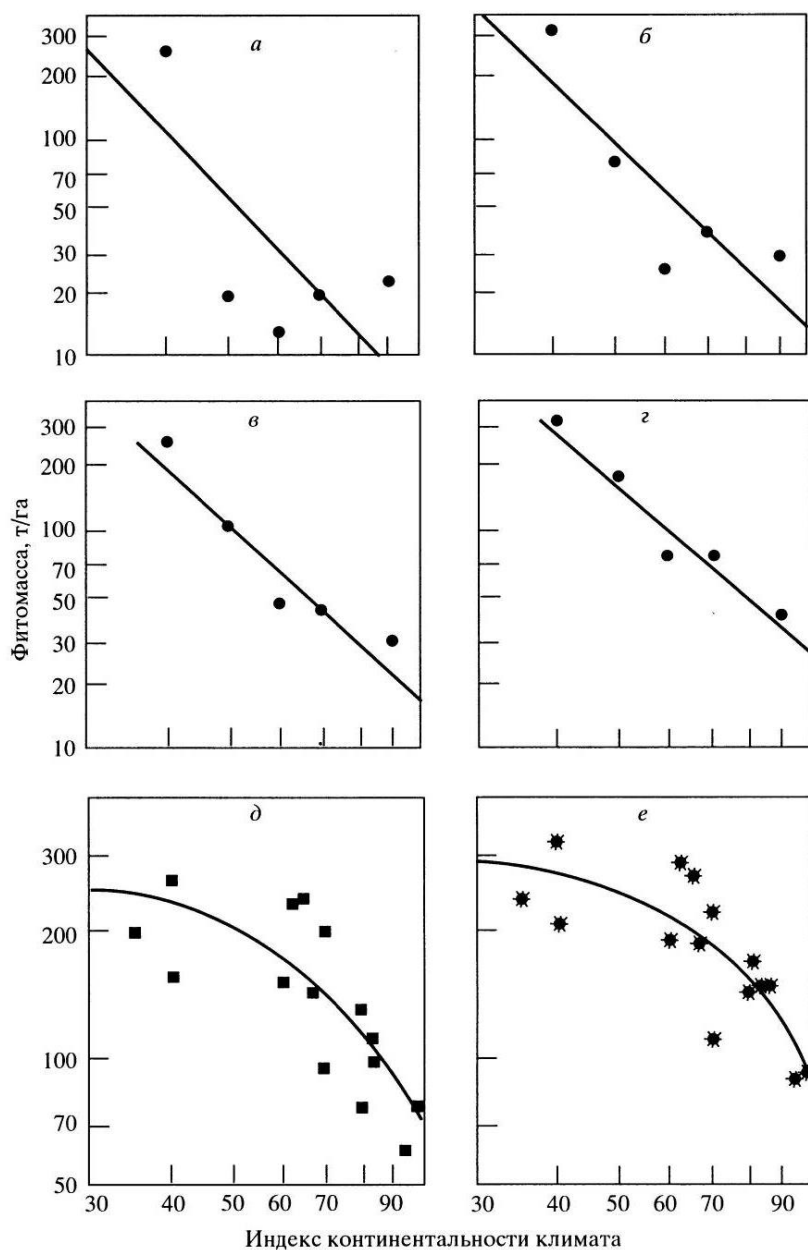


Рис. 1.29. Связь расчетных показателей фитомассы лиственничников Северной Евразии, приведенной к возрасту древостоев 100 лет, с индексом континентальности климата по В. Ценкеру (Усольцев, 2001): *а* и *б* – полярный пояс, плакорные (горные местообитания), соответственно надземная и общая фитомасса; *в* и *г* – полярный пояс, пойменные и долинные местообитания, соответственно надземная и общая фитомасса; *д* и *е* – лесная зона Евразии (за вычетом полярного пояса Сибири и Дальнего Востока), соответственно надземная и общая фитомасса.

Возможно, такое 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).

Для аналитического описания географических закономерностей распределения биопродуктивности лесного покрова необходимы те географические характеристики территории Евразии, которые можно выразить числом и мерой. Когда необходимо знать, насколько изменяется один признак при известных изменениях других, то такая задача решается с помощью регрессионного анализа. Были показаны глобальные регрессионные зависимости

ЧПП лесного покрова от эвапотранспирации (Rosenzweig, 1968; Лит, 1974), а также от величины осадков и средней годичной температуры (Лит, 1974; Lieth, 1974; Luysaert et al., 2007), но они установлены попарно, без учета сопряженного действия определяющих факторов.

Е.М. Лавренко с соавторами (1955) была предпринята первая попытка построения профиля продуктивности растительного покрова по природным зонам и подзонам европейской России. Для доминирующих лесных экосистем северной, средней и южной тайги и широколиственных лесов они дали значения надземной фитомассы соответственно 90, 130, 220 и 260 т/га и ее годичного прироста – 1,5; 3,0; 5,0 и 5,6 т/га, с максимумом в широколиственных лесах. Для естественных сосняков брусничных северной, средней и южной тайги, лесостепи и степных боров Западной Сибири В.Н. Габеев (1990) приводит значения надземной фитомассы соответственно 65, 164, 240, 202 и 106 т/га, с максимумом в южной тайге. В работе китайских и японских исследователей (Shi et al., 2010) показана обратная связь фитомассы 30-летних лиственничников с географической широтой ( $47^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$  и  $52^{\circ}$  соответственно для южной, средней, северной частей Большого Хингана и  $62^{\circ}$  для центральной Сибири), согласно которой в диапазоне широт от  $47^{\circ}$  до  $62^{\circ}$  с.ш. фитомасса лиственницы снижается в 3-4 раза.

На сегодняшний день для территории России разработано несколько схем ландшафтного, геоботанического, лесохозяйственного, лесотаксационного, лесоэкономического, лесосеменного, лесопирологического районирования (Сочава, 1953; Крылов, 1959; Цепляев, 1961; Шумилова, 1962; Курнаев, 1973; Смагин и др., 1978; Загреев, 1978; Лесосеменное районирование..., 1982; Софронов, Волокитина, 1990; Исаченко, 1996). Основные изменения растительного покрова происходят как в широтном направлении вследствие изменения интенсивности солнечной радиации, так и в меридиональном (от морских побережий внутрь континента) в результате изменения континентальности климата (Бекетов, 1896; Волобуев, 1947; Курнаев, 1973; Назимова, 1995; Санников и др., 2012).

Для количественной оценки степени континентальности климата предложено более 20 формул (Knoch, Schulze, 1952), различающихся главным образом различными вкладами и соотношениями основных двух составляющих: амплитуды температур самого теплого и самого холодного месяцев и географической широты. Все схемы изолиний континентальности имеют общую закономерность: показывают максимальное значение (полюс) континентальности в районе Якутска и верховий Яны с постепенным ее снижением как в западном (к Атлантике), так и в восточном (к Тихоокеанскому побережью) направлениях (рис. 1.30-1.33).

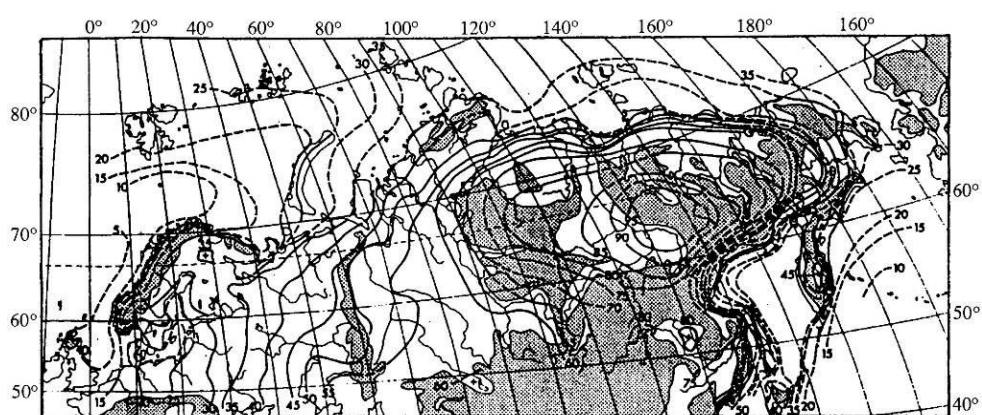


Рис. 1.30. Изолинии континентальности климата на территории Северной Евразии, построенные с использованием формулы Конрада (Tuhkanen, 1984).

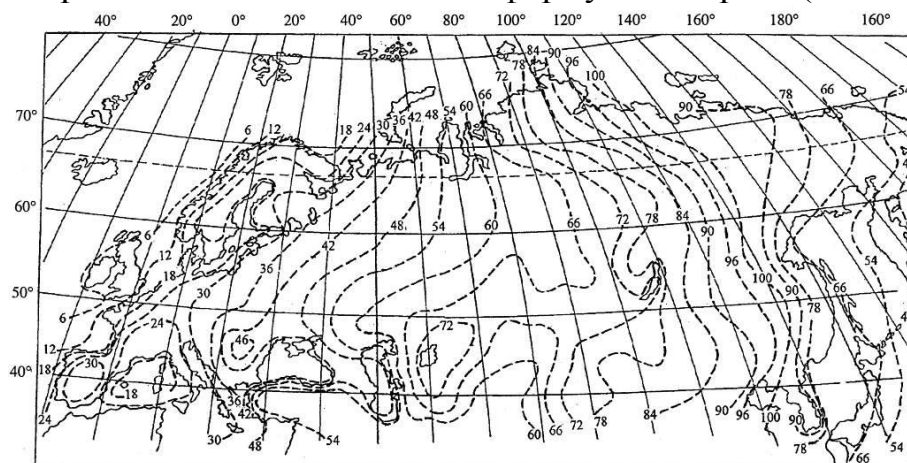


Рис. 1.31. Изолинии континентальности климата на территории Евразии для января (Полозова, 1954).

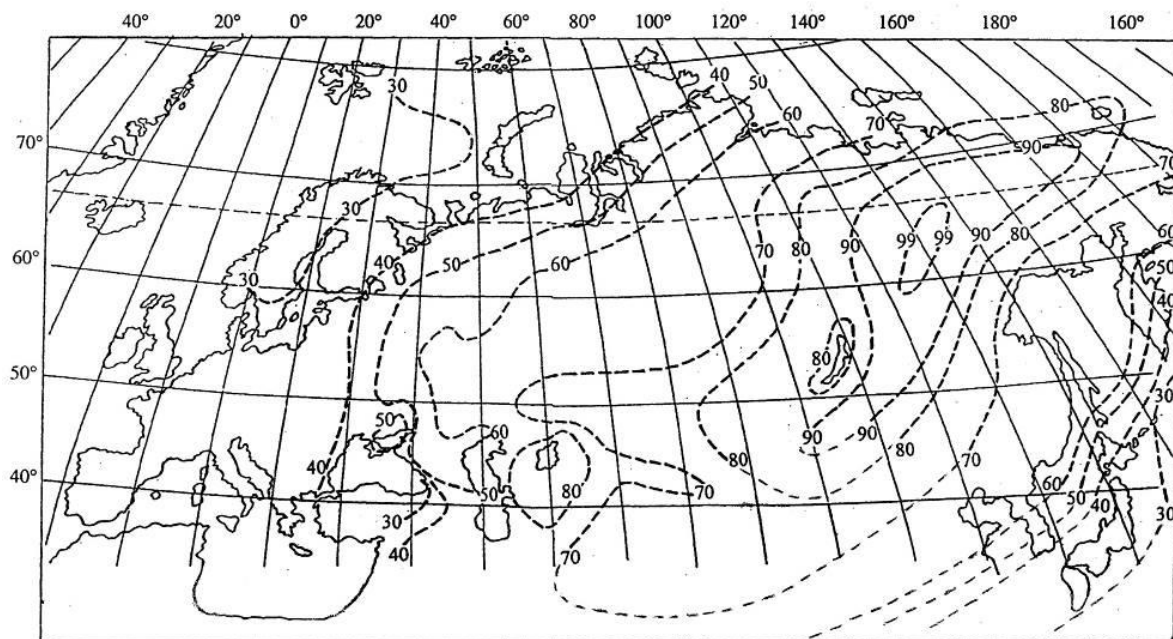


Рис. 1.32. Изолинии континентальности климата на территории Северной Евразии, рассчитанные А.А. Борисовым (1967) по упрощенной формуле Ценкера.

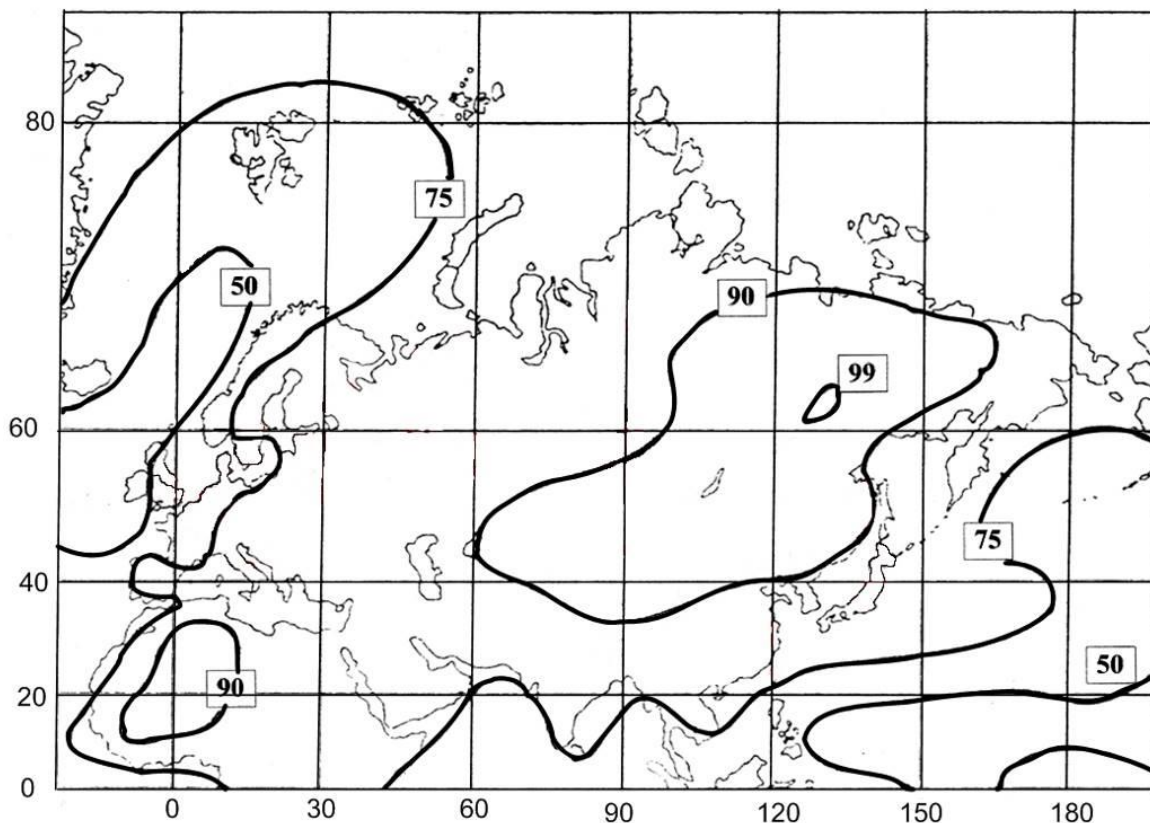


Рис. 1.33. Изолинии континентальности климата на территории Евразии по С.П. Хромову (1957).

По широтному градиенту наличие профиля продуктивности лесного покрова подтверждено с различных позиций исследователями из разных

научных отраслей (Лавренко и др., 1955; Григорьев, Будыко, 1956; Базилевич, Родин, 1967; Будыко, Ефимова, 1968; Львов, Ипатов, 1973; Загреев, 1978; Палуметс, 1988; Тябера, 1988; Габеев, 1990; Усольцев, 1998). Но в изменении продуктивности лесного покрова в меридиональном направлении имеется неопределенность, а иногда предлагаются взаимоисключающие закономерности (Будыко, Ефимова, 1968; Тябера, 1988).

Биологическая продуктивность лесов определяется климатическими факторами, но не только, поскольку существуют также онтогенетический, ценогический, эдафический и другие уровни ее изменчивости. Поэтому некоторыми исследователями в регрессионные уравнения в качестве «объясняющих изменчивость» независимых переменных включались, наряду с климатическими параметрами, таксационные характеристики древостоев.

На примере чистой первичной продукции елово-пихтовых насаждений было показано (Усольцев, 2014б), что их ординация согласно сетке географических координат дает при моделировании географического распределения ЧПП на территории Евразии некорректные результаты, несмотря на статистически значимый уровень регрессионных моделей. Очертания океанических побережий не ориентированы строго по географическим координатам, а именно в направлении от побережий вглубь континента изменяется континентальность климата (см. рис. 1.32).

Одни из первых статистически значимых сопряжённых закономерностей изменения фитомассы насаждений лесообразующих пород в связи с природной зональностью и индексом континентальности климата были получены В.А. Усольцевым (1998, 2001, 2003). На рис. 1.29 показано изменение фитомассы лиственничников Северной Евразии в связи с индексом континентальности. Аналогичные закономерности В.А. Усольцевым (2001) установлены для остальных лесообразующих древесных пород.

Имеющаяся на тот момент база данных о фитомассе и ЧПП лесов не позволяла выявить статистически значимые закономерности их изменения в пределах всей Евразии. Позднее база данных В.А. Усольцевым была до-



полнена, и была охвачена вся территория Евразии, включая Китай (Усольцев, 2010). Это позволило выявить двухфакторные сопряженные трансевразийские связи фитомассы и ЧПП с природной зональностью и с индексом континентальности климата.

В частности, подобная зависимость установлена для пятихвойных кедров (*Pinus sibirica* Du Tour и *P. koraiensis* S. et Z.), распределение данных о фитомассе которых в количестве 193 пробных площадей показано на рис. 1.34.

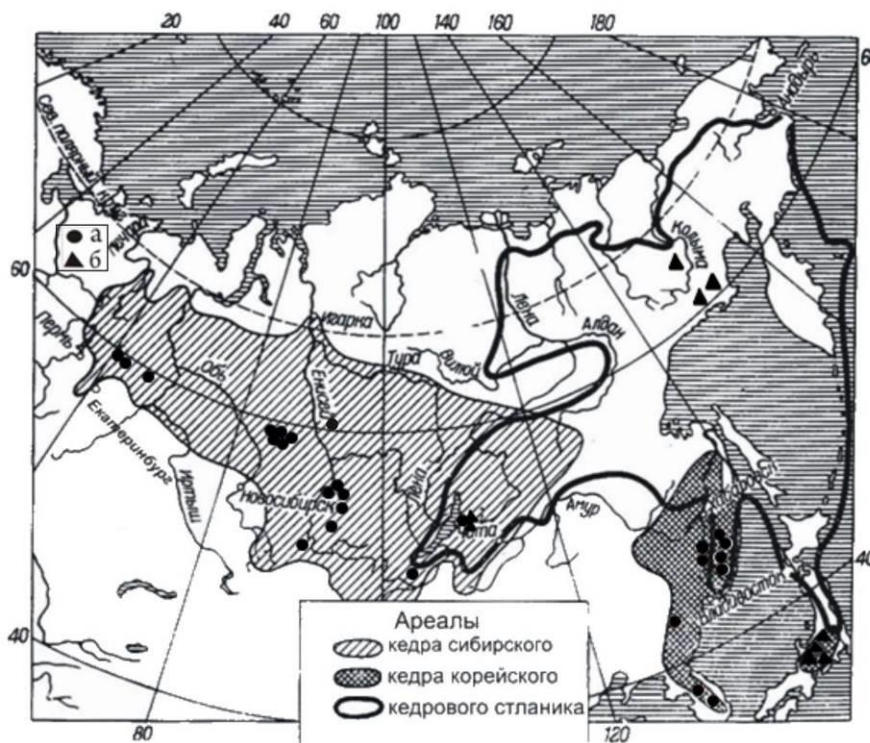


Рис. 1.34. Местоположение пробных площадей с определениями фитомассы кедровых сосен в их ареалах, по И.Ю. Коропачинскому (1983); насаждения: а - кедров сибирского и корейского, б - кедрового стланика (Усольцев, 2013).

Путем наложения расчетных данных фитомассы кедровников с известными координатами на схемы изоконт (см. рис. 1.32) и изотерм (рис. 1.35) составлена двухвходовая таблица, в которой входами служат значения индекса континентальности климата и среднемесячной суммы эффективных температур (СЭТ), и по данным этой таблицы рассчитаны регрессионные двухфакторные уравнения.

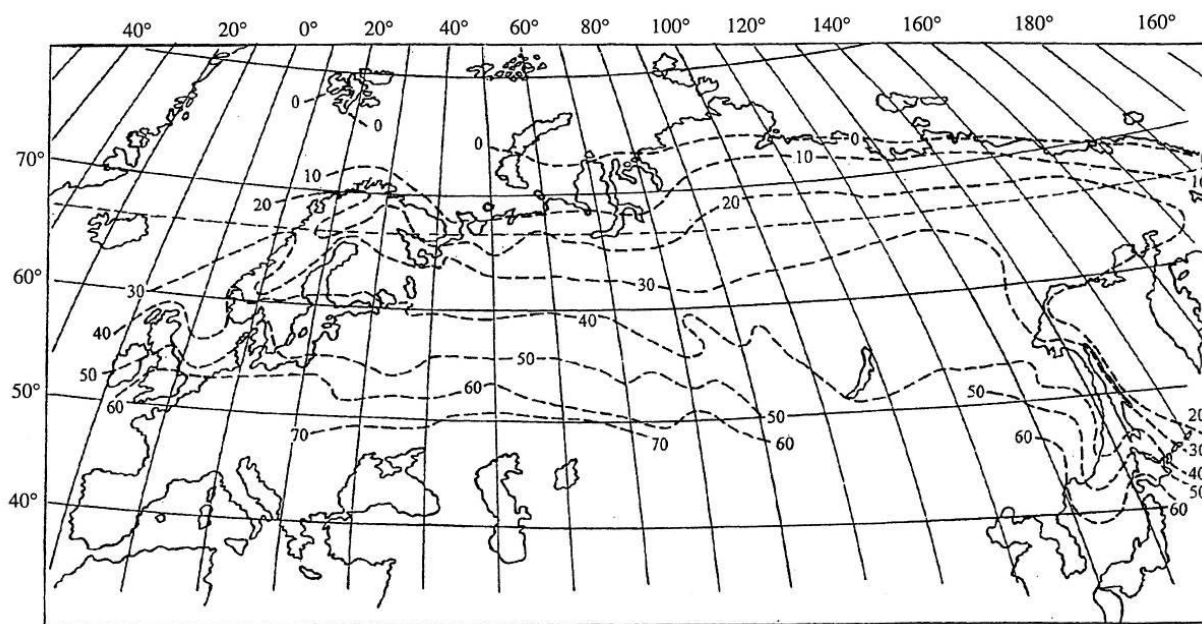


Рис. 1.35. Карта-схема распределения среднемесячных значений СЭТ выше  $+5^{\circ}\text{C}$  (показаны цифрами) за вегетационный период в Северной Евразии (Tuhkanen, 1984).

По результатам их табулирования для возраста кедровников 100 лет построены графики (рис. 1.36), и была установлена статистически значимая закономерность снижения фитомассы кедровников в направлении с юга на север, т.е. по мере снижения СЭТ (зональный градиент), и от Урала и тихоокеанского побережья – к полюсу континентальности в центре Сибири (меридиональный градиент).

Похожие тренды были выявлены для ЧПП елово-пихтовых насаждений Евразии, распределение которых в количестве 480 пробных площадей показано на рис. 1.37 и 1.38 (Хабибуллина, 2013; Usoltsev et al., 2014). Аналогичным образом были рассчитаны двухфакторные регрессионные уравнения, протабулированные затем для возраста елово-пихтовых насаждений 100 лет. По результатам табулирования получены статистически значимые зависимости фракционного состава ЧПП насаждений от их зональной принадлежности (климатического пояса) (рис. 1.39) и индекса континентальности по С.П. Хромову (рис. 1.40).



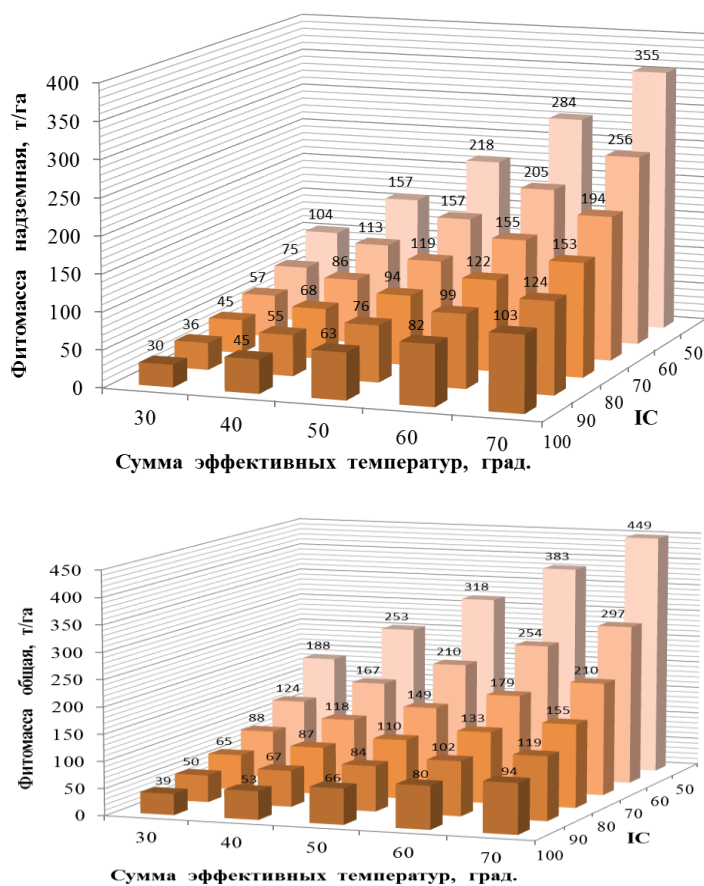


Рис. 1.36. Связь расчетных показателей надземной (вверху) и общей (внизу) фитомассы кедровников (*Pinus sibirica*, *P. koraiensis*) в возрасте 100 лет с индексом континентальности климата (IC) и СЭТ ( $^{\circ}\text{C}$ ).

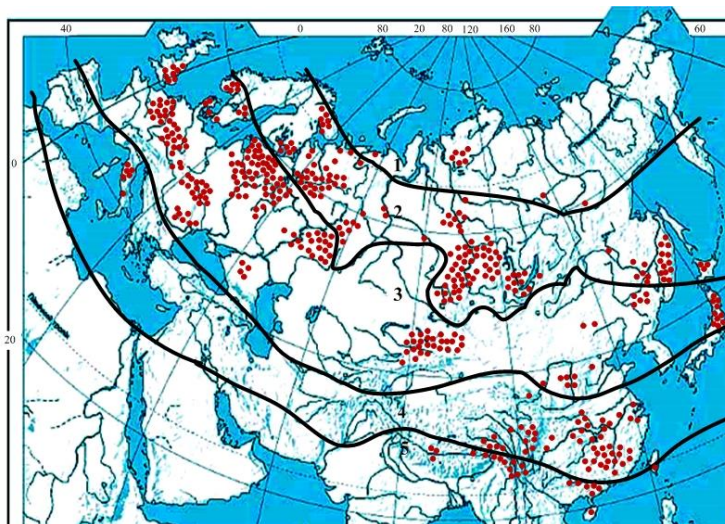


Рис. 1.37. Распределение пробных площадей с елово-пихтовыми насаждениями по климатическим поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 - субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967).

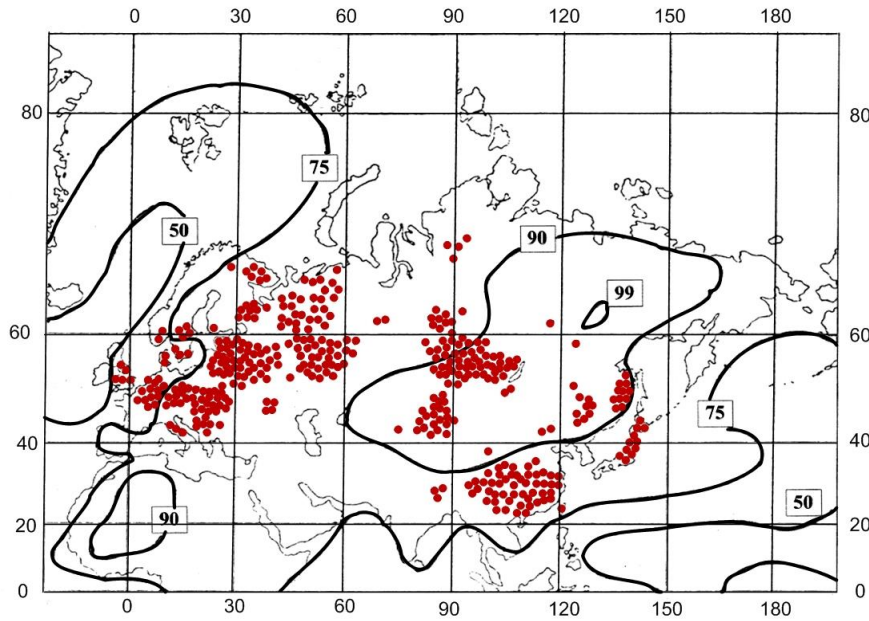


Рис. 1.38. Распределение пробных площадей, заложенных в елово-пихтовых древостоях, на карте-схеме изоконт Евразии; индексы континентальности по С.П. Хромову (1957) показаны цифрами, в % (Хабибуллина, 2013).

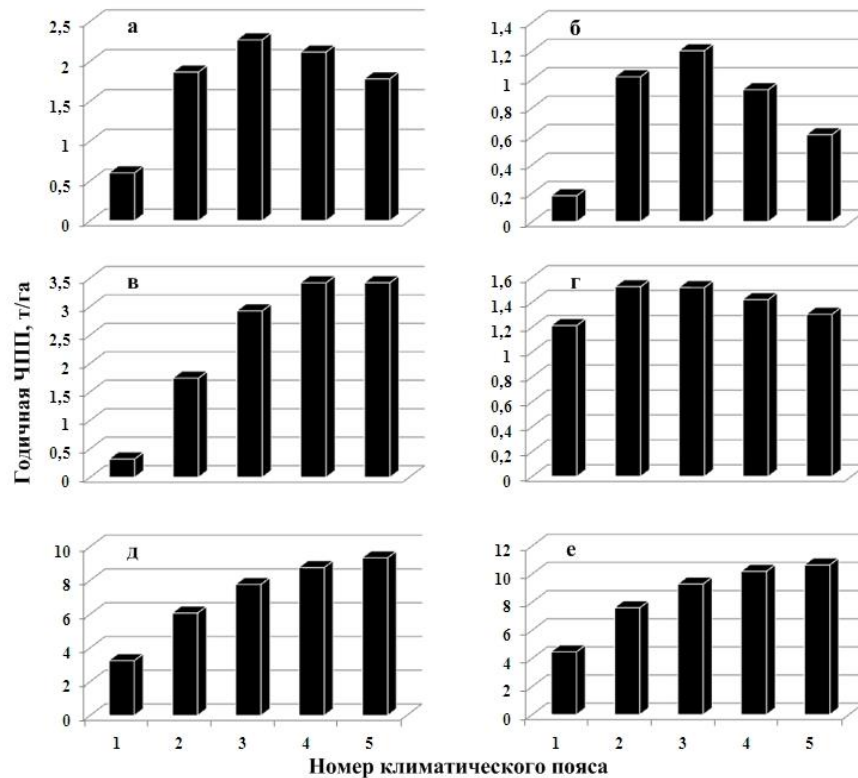


Рис. 1.39. Изменение расчетных показателей ЧПП хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте елово-пихтарников 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности, по С.П. Хромову, равном 75% (Хабибуллина, 2013; Usoltsev et al., 2014).

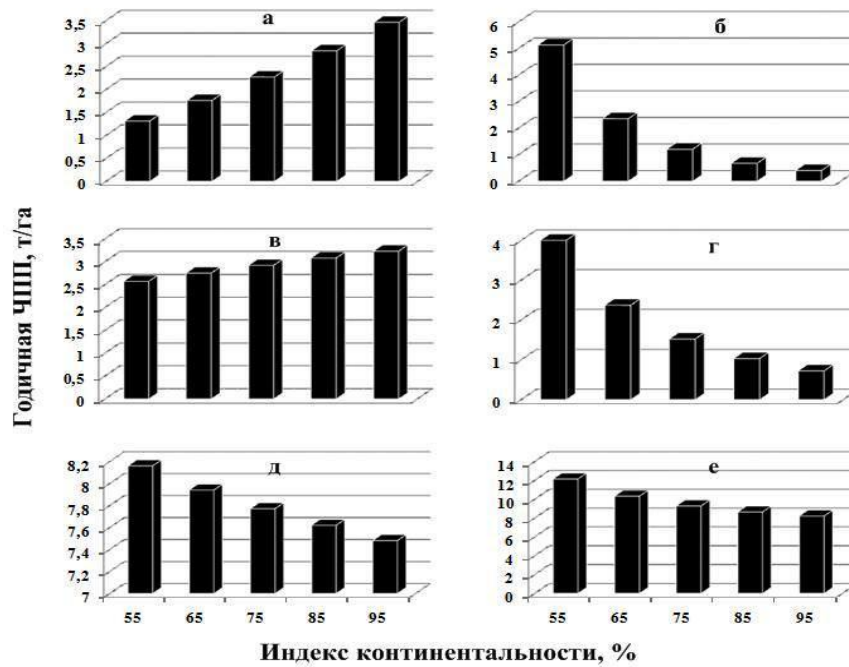


Рис. 1.40. Связь расчетных показателей ЧПП хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте елово-пихтарников 100 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 1.37) (Хабибуллина, 2013; Usoltsev et al., 2014).

Зональные и меридиональные тренды надземной и общей ЧПП елово-пихтарников (см. рис. 1.39 и 1.40), по сути, повторяют те же тренды надземной и общей фитомассы кедровников (см. рис. 1.36): снижение в направлении от субэкваториального к субарктическому поясу (зональный градиент), и от атлантического и тихоокеанского побережий – к полюсу континентальности в центре Сибири (меридиональный градиент).

Несколько иные тренды были выявлены для ЧПП берёзовых насаждений Евразии, распределение которых в количестве 230 пробных площадей показано на рис. 1.41 и 1.42 (Усольцев и др., 2015в). По аналогии с предыдущими древесными породами были рассчитаны двухфакторные регрессионные уравнения, протабулированные затем для возраста берёзовых насаждений 50 лет. По результатам табулирования получены статистически значимые зависимости фракционного состава ЧПП берёзняков от их зональной принадлежности (зонального пояса) (рис. 1.43) и индекса континентальности по С.П. Хромову (рис. 1.44).



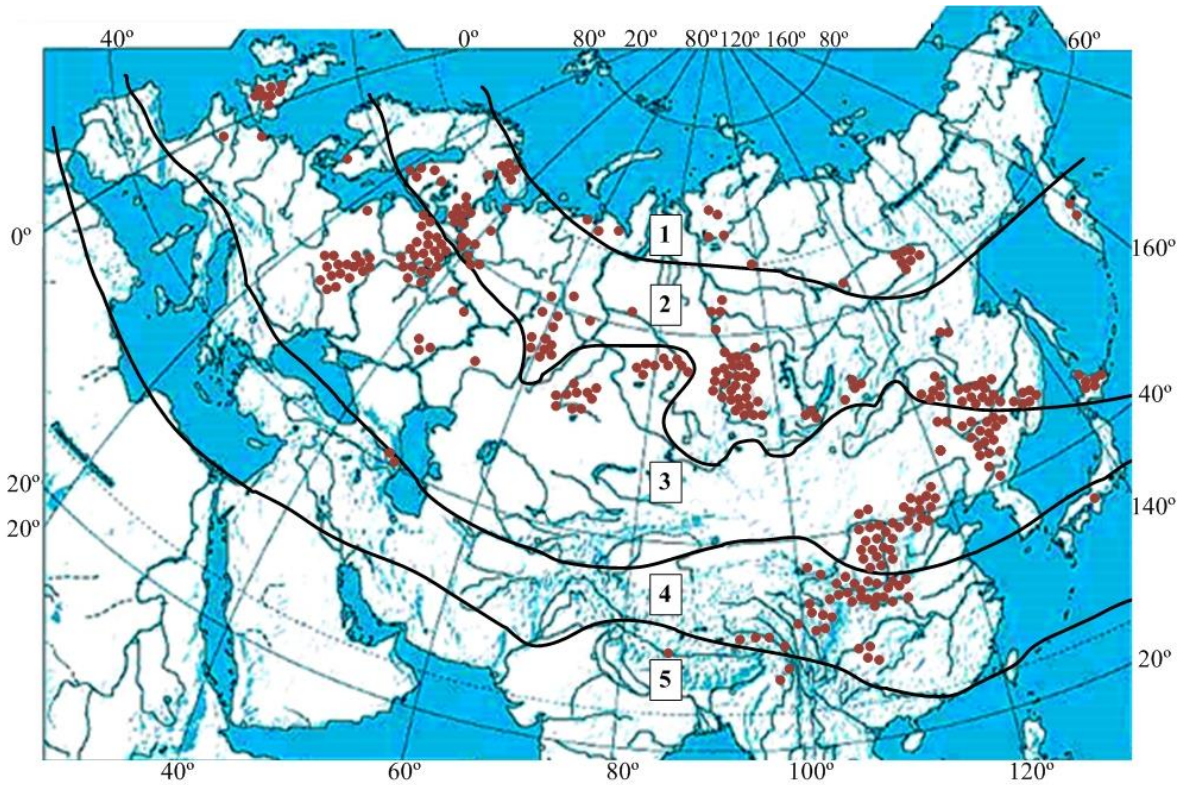


Рис. 1.41. Распределение пробных площадей березняков по зональным поясам (обозначения см. на рис. 1.37) (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967).

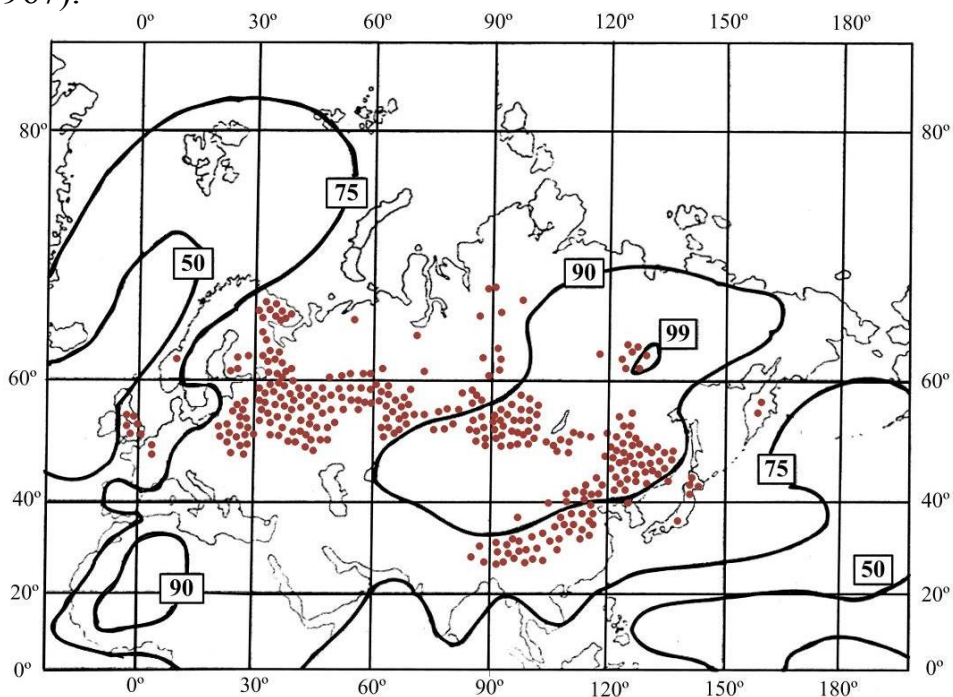


Рис. 1.42. Распределение пробных площадей березняков Евразии на карте-схеме изоконт, предложенной С.П. Хромовым (1957); индексы континентальности показаны цифрами.

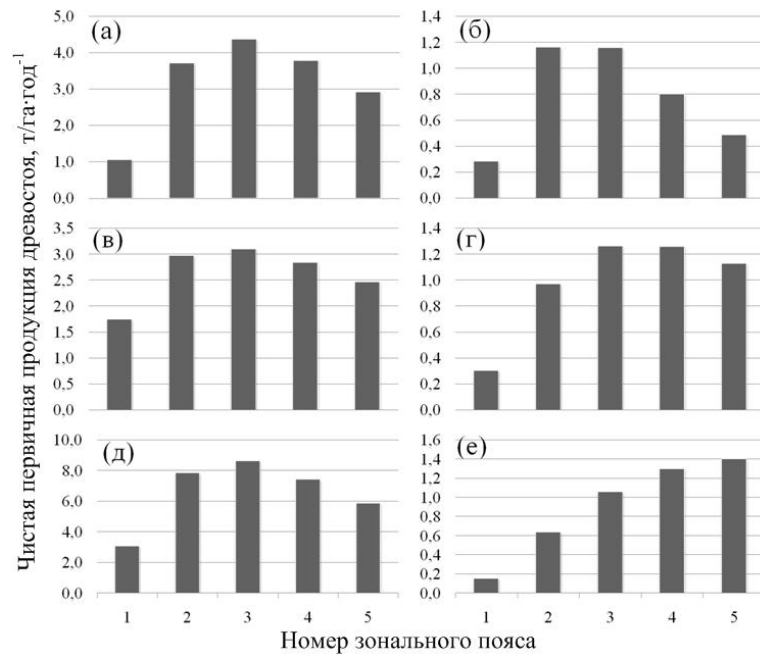


Рис. 1.43. Связь расчетных показателей ЧПП стволов (а), ветвей (б), листьев (в), корней (г), надземной части (д) и нижнего яруса (е) березняков в возрасте 50 лет с зональной принадлежностью березовых насаждений при индексе континентальности климата территории по С.П. Хромову (1957), равном 80%.

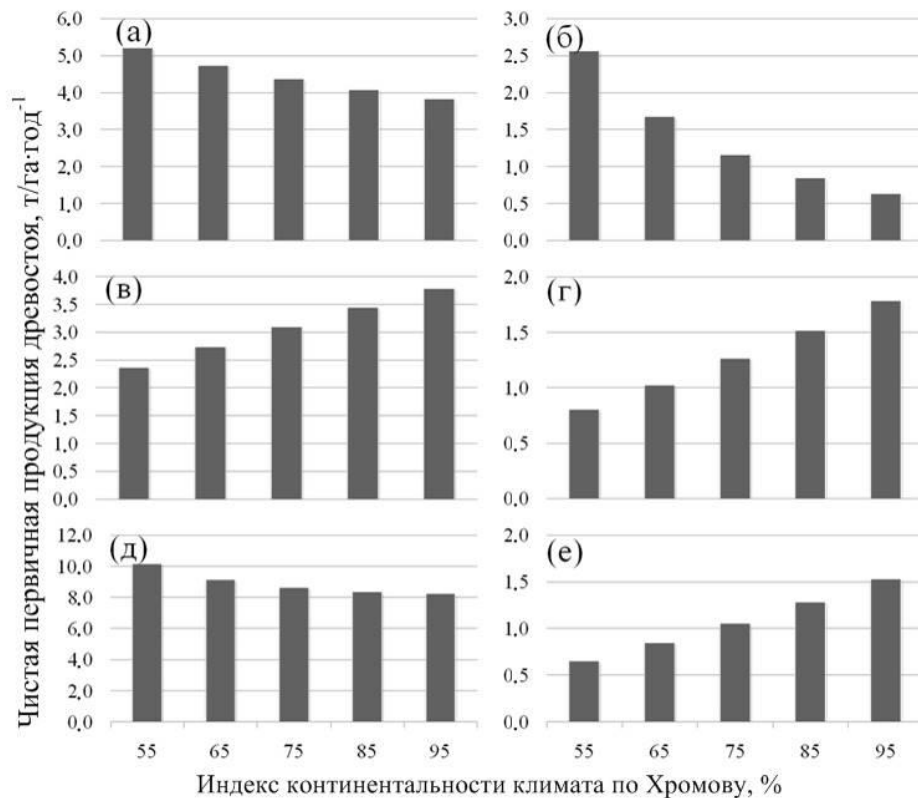


Рис. 1.44. Связь расчетных показателей ЧПП стволов (а), ветвей (б), листьев (в), корней (г), надземной части (д) и нижнего яруса (е) березняков в возрасте 50 лет с индексом континентальности по С.П. Хромову (1957) в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 1.41).

Установлено, что ЧПП березовых насаждений на статистически значимом уровне изменяется в обоих исследуемых трансконтинентальных градиентах, но их закономерности различаются (Усольцев и др., 2015*в*). В направлении от 1-го к 5-му зональному поясу ЧПП разных фракций надземной и подземной фитомассы березняков изменяется по колоколообразной кривой, достигая максимальных значений в 3-м поясе, соответствующем подзонам южной тайги и предлесостепи (см. рис. 1.41) – соответственно 8,6 и 1,3 т/га·год<sup>-1</sup>. В этой же подзоне максимум фитомассы по западносибирскому зональному градиенту был установлен для сосняков (Габеев, 1990) и по уральскому меридиану – для березняков (Усольцев и др., 2001). Но эта общая закономерность расходится с выводом, что ЧПП обезличенного лесного покрова снижается синхронно в направлении от тропиков к обоим полюсам (Anderson et al., 2006; Huston, Wolverton, 2009).

Возможная причина такого несоответствия – специфика условий произрастания лесообразующих древесных видов вдоль 100-го меридиана (см. рис. 1.41): в зональных поясах с 1-го по 3-й на территории Сибири монотонное увеличение ЧПП березы и сосны происходит в связи с увеличением СЭТ выше +5<sup>0</sup>С соответственно с 0 до 70<sup>0</sup>С (Tuhkanen, 1984), а южнее, в 4-м и 5-м поясах, береза произрастает соответственно на восточном склоне Тибета на высоте от 2000 до 3500 м над ур. м. и на восточном склоне Гималаев на высоте до 3600 м над ур. м. Иными словами, в зональных поясах с 1-го по 3-й увеличение ЧПП березы, произрастающей на плакорах, происходит вследствие повышения СЭТ, а в зональных поясах с 4-го по 5-й ЧПП снижается вследствие подъема березы вверх по высотным градиентам (Усольцев и др., 2015*в*). Возможно, какой-то вклад в названное расхождение вносит разное соотношение осадков и эвапотранспирации на южных, средних и северных широтах (рис. 1.45).

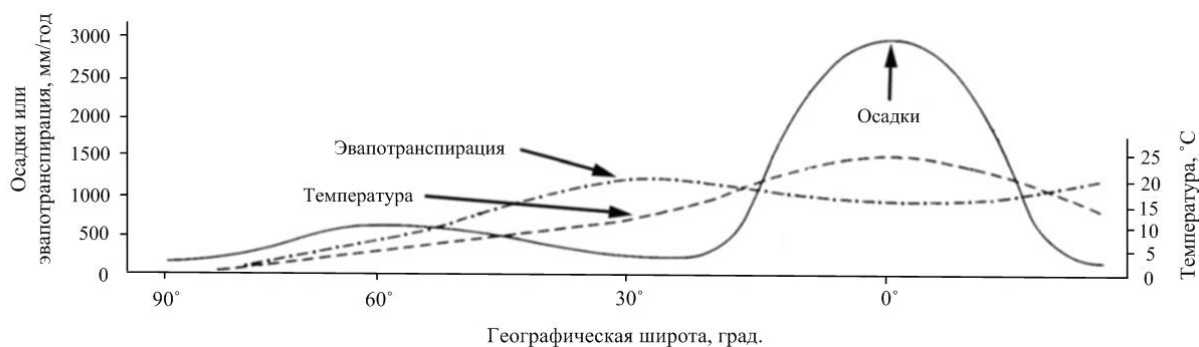


Рис. 1.45. Глобальное изменение температуры, осадков и эвапотранспирации в связи с географической широтой (Страхов, 1960).

Таким образом, для трех лесообразующих древесных пород Евразии установлено изменение их фитомассы и ЧПП по двум трансконтинентальным градиентам: зональному, связанному с СЭТ, и меридиональному, связанному с изменением континентальности климата. Подобные закономерности для лиственных экосистем Евразии в литературе отсутствуют.

### *1.3.2. Удельная чистая первичная продукция (УдЧПП) и ее связь с климатическими факторами*

Обычно под биологической продуктивностью лесов понимается совокупность двух количественных характеристик лесной экосистемы: фитомассы (т/га) и чистой первичной продукции (ЧПП). Последняя определяется как количество фитомассы, продуцируемой на единице площади за 1 год, т/га (термин «чистая» означает, что в этом показателе учтены потери на дыхание). Однако в понятие биологической продуктивности входит еще одна характеристика, которой уделяется мало внимания, - это удельная чистая первичная продукция (УдЧПП) как отношение ЧПП к величине фитомассы, выражаемое в относительных единицах или в процентах (Базилевич и др., 1986; Базилевич, Титлянова, 2008; Гульбе и др., 2010).

УдЧПП представляет одну из важнейших характеристик функционирования лесных экосистем. Она характеризует скорость обновления органиче-

ского вещества фитомассы (Базилевич и др., 1986; Базилевич, Титлянова, 2008). Величина, обратная УдЧПП, показывает, за какое время поток ЧПП создает запас фитомассы (Keeling, Phillips, 2007; Базилевич, Титлянова, 2008).

Знание величины УдЧПП насаждений имеет также прикладное значение. Если известно отношение ЧПП к величине фитомассы, то по величине последней получаем значение ЧПП древостоя, определение которой на пробных площадях намного трудозатратнее по сравнению с определением фитомассы (Уткин и др., 2004; Усольцев, 2014а). УдЧПП является также одной из количественных характеристик типа леса (Чернявский, 1985).

В лесной таксации уже в XIX веке разработаны методология определения и способы аналитического описания УдЧПП в объёмных показателях древесины ствола. В частности, используется понятие процента текущего прироста древостоев, представляющего собой частное от деления текущего объёмного прироста древостоя на его запас, выраженное в процентах. Если известны запас древостоя и процент его текущего прироста, то можно без рубки деревьев определить текущий прирост запаса древостоя (Pressler, 1865; Турский, 1925; Орлов, 1928, 1929; Науменко, 1946; Prodan, 1951; Анучин, 1952; Крылов, 1967; Кайрюкштис, 1969; Wenk, 1969, 1973a,b, 1990; Антанайтис, Загреев, 1981; Бузыкин и др., 1991; Паламарчук, 2013).

Я.И. Гульбе с соавторами (2010) проанализировали относительный показатель  $Zabo/Pabo$  (УдЧПП) в зависимости от возраста ( $A$ ) и на основе базы данных пробных площадей по надземной фитомассе и ЧПП в количестве 208 древостоев сосны обыкновенной, 74 – ели, 24 – дуба, 47 – березы, 18 – осины и 20 – ольхи серой предложили серию уравнений

$$\ln(Zabo/Pabo) = a_0 - a_1 \ln A, \quad (1.23)$$

где  $Zabo$  и  $Pabo$  – соответственно надземная годовичная ЧПП и фитомасса древостоя, т/га. Выражение (1.23) описывает монотонно убывающую законо-



мерность изменения УдЧПП с возрастом древостоя.  $R^2$  уравнений (1.23) варьирует в диапазоне от 0,754 до 0,968. По уравнениям (1.23), табулируемым по задаваемым значениям возраста древостоя, получена таблица, которая показывает, что у всех древесных пород УдЧПП резко снижается до возраста 100 лет, а затем снижение незначительно.

Анализ имеющихся литературных данных об УдЧПП показал, что относительная продуктивность лесообразующих пород Приангарья и России на порядок ниже аналогичного показателя для древостоев ели, пихты и бука Центральной Европы. Для лесов Башкирии УдЧПП составляет от 4,0 (Кашапов, 2002) до 6,8% (Усольцев и др., 2009), для подзоны южной тайги в Бурятии этот показатель равен 1,1 (Тулохонов и др., 2006), а для основных лесных формаций Китая 12,0% (Fang et al., 1996).

Сказанное свидетельствует о необходимости географического (транс-континентального) анализа УдЧПП лесообразующих древесных пород Евразии.

Подобный анализ УдЧПП был выполнен для елово-пихтовых лесов на территории Евразии. Для этого сформирована база данных о ЧПП и фитомассе елово-пихтовых насаждений Евразии, распределение которых в количестве 480 пробных площадей было показано на рис. 1.37 и 1.38 (Хабибуллина, 2013; Usoltsev et al., 2014). Аналогичным образом были рассчитаны двухфакторные регрессионные уравнения, протабулированные затем для возраста елово-пихтовых насаждений 100 лет. По результатам табулирования получены статистически значимые зависимости фракционного состава УдЧПП насаждений от их зональной принадлежности (климатического пояса) и индекса континентальности по С.П. Хромову и получена трехходовая таблица. Из нее взяты значения УдЧПП в возрасте древостоев 100 лет для климатических поясов от 1 до 5 при индексе континентальности, равном 75% и построены диаграммы (рис. 1.46 и 1.47).

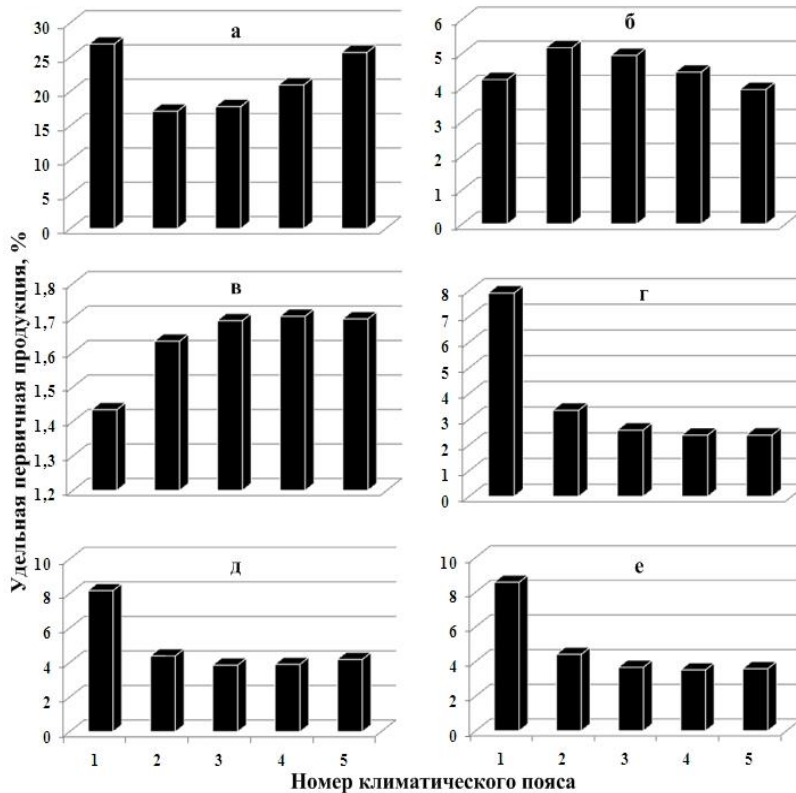


Рис. 1.46. Изменение расчетных показателей УдЧПП хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности, по С.П. Хромову, равном 75% (Усольцев, 2014а).

Данные диаграмм на рис. 1.46 показывают, что изменения УдЧПП различных фракций фитомассы в климатическом градиенте при фиксированном индексе континентальности различаются. УдЧПП хвои снижается от первого ко второму климатическому поясу, а по мере дальнейшего продвижения в южном направлении - возрастает. УдЧПП ветвей имеет противоположный тренд. УдЧПП стволов монотонно возрастает от первого к пятому климатическому поясу, а УдЧПП корней, надземной и общей фитомассы, напротив, снижается в том же направлении.

Затем для возраста 100 лет елово-пихтовых древостоев построена диаграмма УдЧПП для индексов континентальности от 55 до 95% в южном умеренном климатическом поясе (номер 3) (рис. 1.47). Согласно полученным диаграммам на рис. 1.47, по мере приближения к полюсу континентальности УдЧПП хвои, стволов, надземной и полной фитомассы возрастает, а УдЧПП ветвей и корней – снижается.

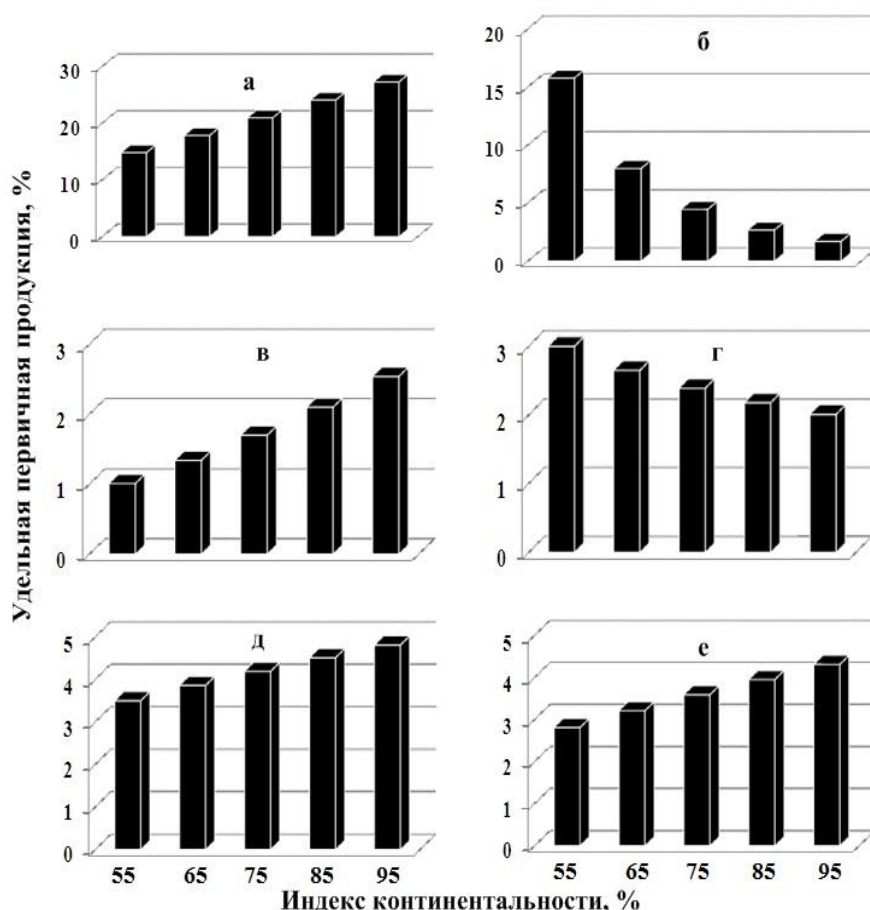


Рис. 1.47. Связь расчетных показателей УдЧПП хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) елово-пихтарников в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (Усольцев, 2014а)

Чтобы выяснить, насколько обоснованно принят индекс континентальности С.П. Хромова в качестве одного из климатических показателей при моделировании географических закономерностей распределения УдЧПП лесных экосистем и влияет ли выбор индекса континентальности на исследуемую закономерность, УдЧПП надземной фитомассы была проанализирована В.А. Усольцевым (2014а) в связи с градиентом климатических поясов и ещё одним индексом континентальности - по Л.Г. Полозовой (1954). Однако и в этом случае происходит увеличение УдЧПП елово-пихтовых экосистем в направлениях с юга на север и от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности (рис. 1.48).

Аналогичные закономерности были установлены для надземной УдЧПП 55-летних березовых насаждений Северной Евразии (рис. 1.49): увеличение названного показателя как по мере приближения к полюсу континентальности.

нентальности, так и в северном направлении; в последнем случае - в связи со снижением суммы эффективных температур (Норицина, 2009).

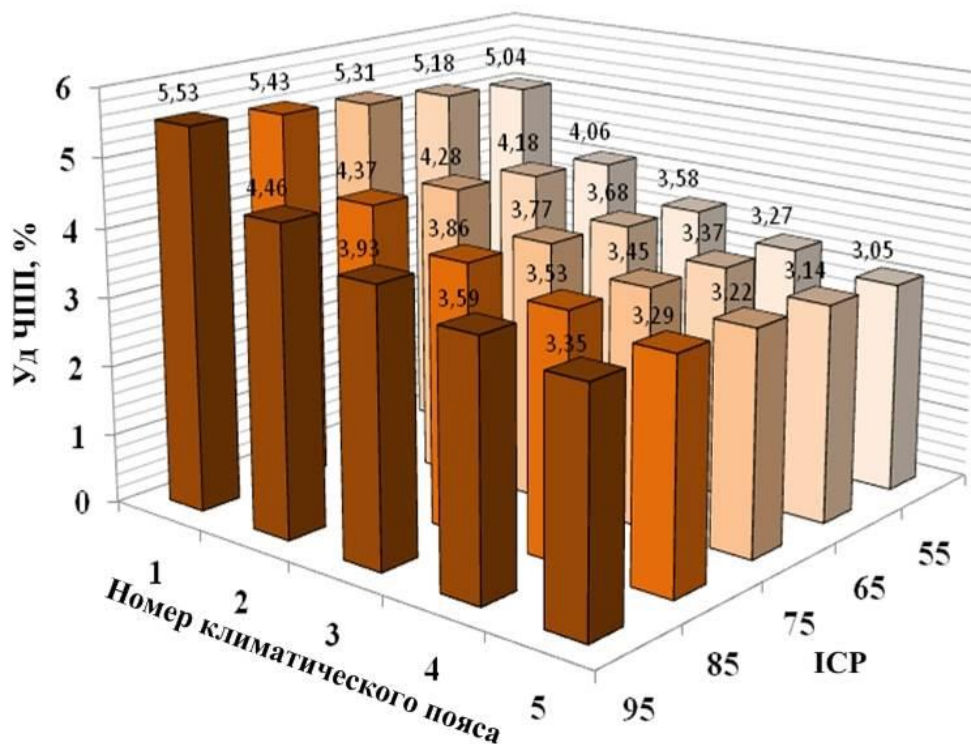


Рис. 1.48. Изменение надземной УдЧПП елово-пихтовых насаждений в зависимости от климатического пояса и индекса континентальности, по Л.Г. Полозовой (Усольцев. 2014a).

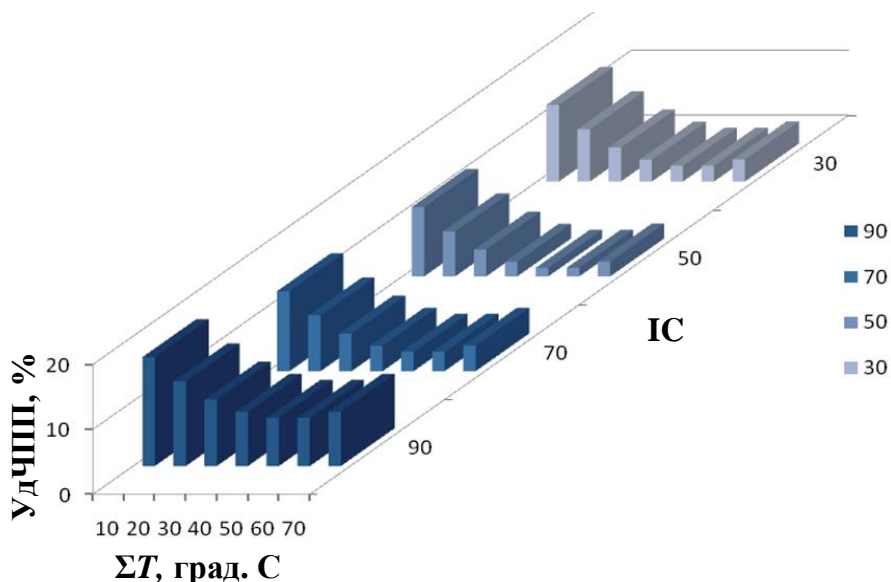


Рис. 1.49. Зависимость УдЧПП березняков Северной Евразии в возрасте 55 лет от индекса континентальности (IC) и суммы эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  ( $\Sigma T$ ).

Однако прямо противоположная закономерность изменения УдЧПП по зональному градиенту была установлена для 100-летних кедровников Евразии (рис. 1.50): в направлении от подзоны хвойно-широколиственных лесов

Китая к подзоне средней тайги Урала УдЧПП снижается с 6 до 3%, тогда как в спелых елово-пихтовых насаждениях и березняках в том же направлении на статистически значимом уровне выявлена тенденция ее увеличения. Таким образом, имеется существенная неопределенность при интерпретации географии УдЧПП разных древесных пород.

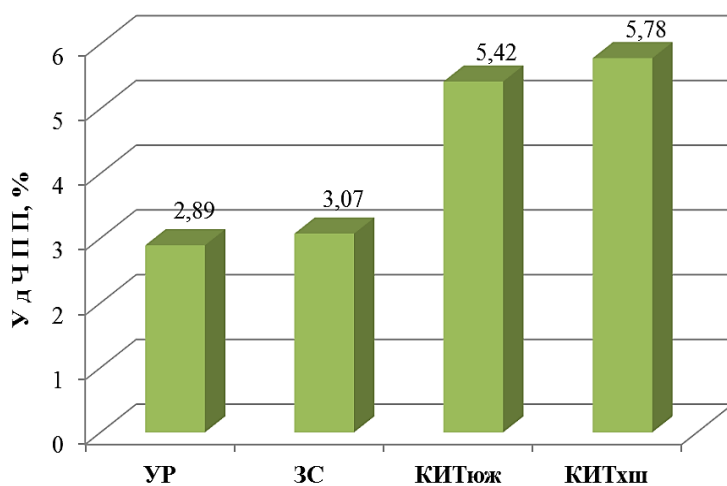


Рис. 1.50. Региональное изменение общей УдЧПП кедровников в возрасте 100 лет. УР – Уральская провинция, средняя тайга; ЗС – Западносибирская провинция, южная тайга; КИТюж – северо-восток Китая, южная тайга; КИТхш – то же, хвойно-широколиственные леса (Усольцев, 2013).

Какие-либо данные по географии УдЧПП лиственных экосистем Евразии в литературе отсутствуют.

## **ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА И ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1. Природные условия Боровского лесхоза Костанайской области**

Боровской лесхоз Костанайского управления лесного, рыбного и охотничьего хозяйства Комитета лесного, рыбного и охотничьего хозяйства Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды республики Казахстан расположен на территории Мендыкаринского района в северной части Костанайской области (рис. 2.1). Протяженность территории лесхоза с севера на юг - 95 км, с запада на восток – 60 км. Общая площадь лесхоза, установленная лесоустройством 1998 года, составляет 43982 га.

Территория Боровского лесхоза согласно лесорастительному районированию относится к району Убаганско–Ишимских нетипичных колочных осинников и березняков с остаточными сосняками в подзоне засушливой степи (Природное районирование..., 1960). Сложившийся на территории района резкий континентальный климат характеризуется жарким и сухим летом, которое сменяется холодной и малоснежной зимой. Характеристика климатических условий района расположения лесхоза приводится на основании средних многолетних данных (табл. 2.1).

Среднегодовая температура воздуха  $+1^{\circ}$  с абсолютным минимумом  $-51^{\circ}$  и абсолютным максимумом  $+42^{\circ}$ . Поздние весенние заморозки наблюдаются между 15 и 26 мая. Ранние осенние заморозки – между 15-20 августа.

По климатическим условиям район расположения лесхоза относится к подзоне засушливой степи (рис. 2.2). Относительная влажность воздуха в среднем равна 75%. Среднегодовое количество осадков 280 мм с колебаниями от 130 до 300 мм. Засухи повторяются через каждые 2-3 года. Наряду с засухами в июне – августе наблюдаются суховеи. Большая часть осадков (70 – 80% годовой суммы) выпадает в теплый период – с мая по октябрь.



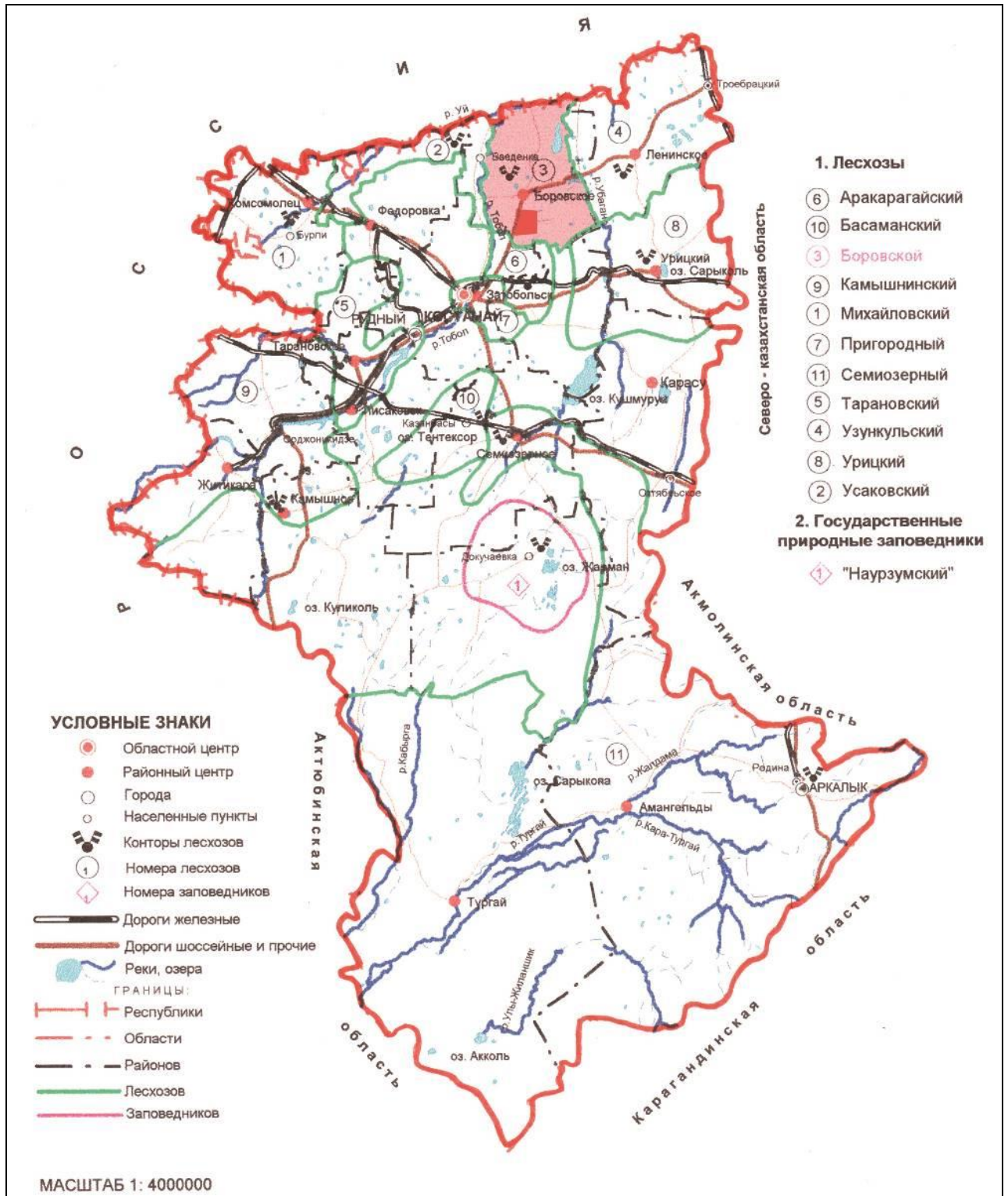


Рис. 2.1. Положение Боровского лесхоза на севере Кустанайской области; площадь лесхоза выделена розовым цветом. Красным квадратом отмечено место закладки наших пробных площадей.

Осадки зимнего периода, несмотря на меньшее их количество, играют большую роль в питании грунтовых вод, что для засушливых районов очень важно. Наибольшее количество снега накапливается в колках и понижениях

под действием сильных ветров. Устойчивый снежный покров держится в среднем 150 дней (ноябрь - апрель), в лесных колках снеготаяние затягивается на более длительный период (до 15 – 20 дней). В незасушливые годы среднегодовое количество осадков обеспечивает удовлетворительные условия для произрастания лесной растительности.

Таблица 2.1

Основные климатические показатели по данным метеостанции  
п. Михайловка

№№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Показатели
1.	Температура воздуха, среднегодовая	град.	1
	абсолютная максимальная	град.	42
	абсолютная минимальная	град.	-51
2.	Количество осадков за год	мм	280
3.	Продолжительность вегетационного периода	дней	166
4.	Последние заморозки весной	дата	15-26.05
5.	Первые заморозки осенью	дата	15-20.08
6.	Средняя дата замерзания рек	дата	15.11.
7.	Средняя дата начала паводка	дата	20.04.
8.	Снежный покров: мощность	см	43
	время появления	дата	26.10.
	время схода в лесу	дата	14.04.
9.	Глубина промерзания почвы	см	110-120
10.	Средняя скорость преобладающих ветров по сезонам года: зима	м/сек	4,7
	весна	м/сек	4,9
	лето	м/сек	3,7
	осень	м/сек	4,4
11.	Относительная влажность воздуха	%	75

Почвы промерзают в среднем на глубину 110 – 120 см. Полное оттаивание почвы происходит в последней декаде апреля. К неблагоприятным факторам климата района относятся: засухи, суховеи, сильные ветры, пыльные бури, поздние весенние и ранние осенние заморозки, сильные морозы в зимний период.



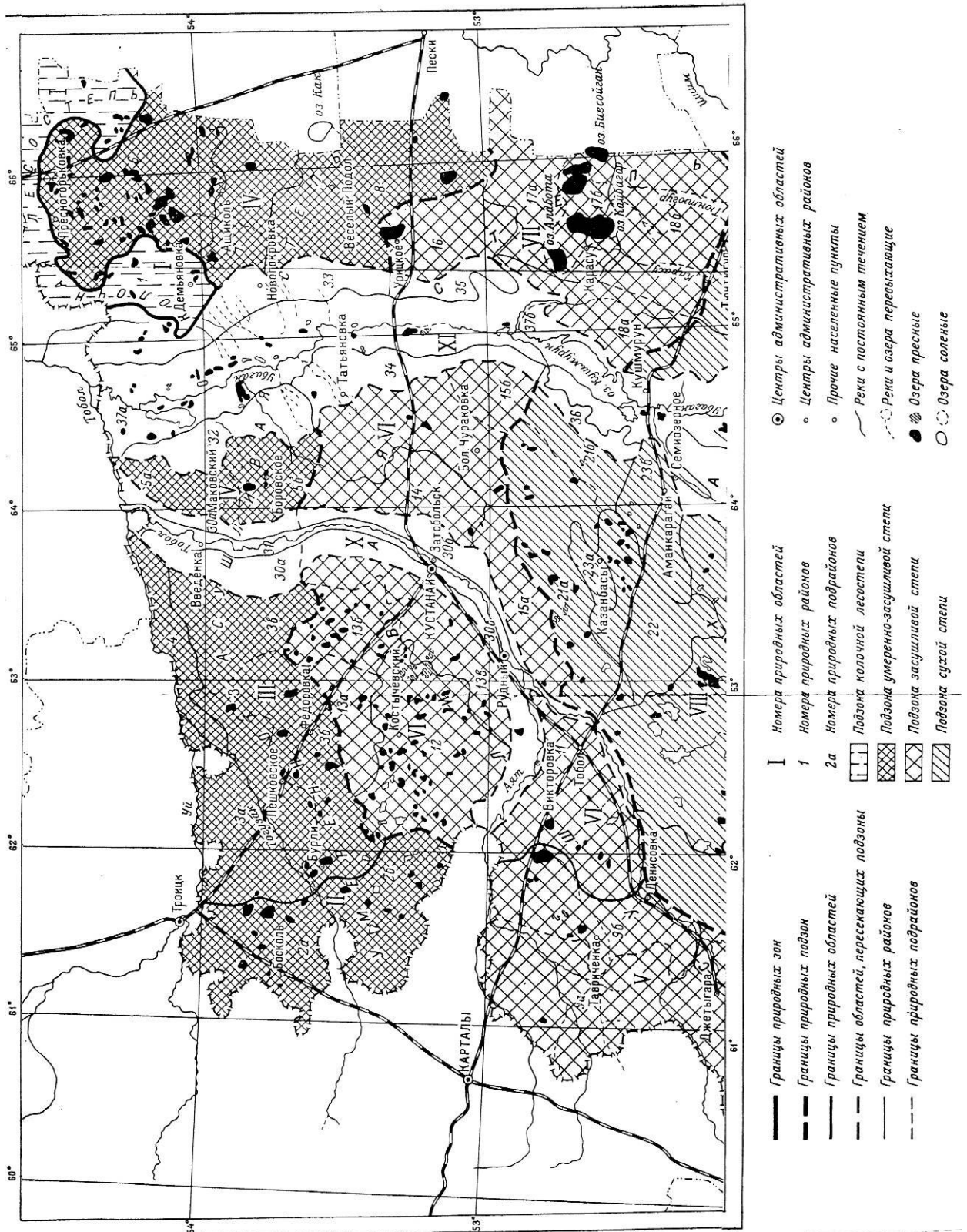


Рис. 2.2. Карта природного районирования северной части Кустанайской области (Природное районирование Северного Казахстана, 1960).

Рельеф района расположения лесхоза представлен следующими типами:

1. Плоские пологоволнистые равнины, характеризующиеся малой расчлененностью и весьма незначительными уклонами дневной поверхности. Плоский рельеф осложнен округлыми впадинами озер и заболоченных лугов. Лесные насаждения представлены осиновыми и березовыми колками. Осиновые леса занимают более глубокие и обильно увлажненные западины, березовые занимают более сухие понижения.

2. Эрозийно – делювиальные склоны междуречья рек к долинам рек Тобола и Убагана. Эти участки территории имеют полого-увалистый рельеф, где колебания относительных высот достигают 12–17 метров и более. Доминирующей растительностью верхней части склона к долине р. Тобол являются байрачные леса, представленные в основном березняками. На склоне к р. Убаган балочные долины не облесены.

3. Древнеаллювиальная равнина среднечетвертичного возраста, характеризующаяся пологоволнистым рельефом с едва заметными уклонами поверхности. Озерных и западинных понижений здесь не наблюдается. На этих равнинах развиваются сосняки и ландшафт колючной лесостепи, где березовые колки не имеют ясной приуроченности к отрицательным формам рельефа (Боровское и Сабанкульское лесничества).

Основными почвообразующими породами в районе расположения лесхоза служат четвертичные суглинки, на которых сформировались в большинстве случаев черноземы. Леса колючного типа на территории лесхоза имеют хорошо развитый травянистый покров из разнотравно-вейниковой растительности, под ними формируются солоды. Под березовыми вторичными лесами с вейниковым покровом и подлеском из шиповника и вишни на супесчаных почвообразующих породах развиваются дерново-темноцветные почвы. Почвы степных боров имеют много разновидностей и формируются под основными насаждениями, на открытых площадях и по опушкам сосня-

ков на контакте их со степью. Большинство типов почв на территории лесхоза пригодны для лесовыращивания.

Главную роль в обеспечении влагой растительности имеют грунтовые воды, главным образом, пресные и слабоминерализованные (до 1 г/л). Залегают на глубине от 3–5 до 20 м и оказывают непосредственное влияние на почвообразовательный процесс, на рост и развитие древостоев. Наличие близких грунтовых вод является одним из основных факторов в формировании гидроморфных почв. От степени минерализации грунтовых вод во многом зависит засоленность почв. Наиболее глубоко (от 6 м и более) грунтовые воды залегают в Тобольском и Каменск-Уральском лесничествах. В Сабанкульском и Боровском лесничествах глубина залегания грунтовых вод составляет 3–6 м от поверхности.

В целом, сложившееся распределение устойчивых березовых, осиновых и сосновых лесов вполне закономерно и вытекает из особенностей почвенно-климатических факторов лесорастительного района. Жесткость и сухость климата сказывается на бедности видового состава древесно-кустарниковой растительности и ограничивает интродуцирование лесных древесно-кустарниковых пород.

## **2.2. Характеристика лесного фонда Боровского лесхоза**

Общая площадь лесхоза составляет 44 тыс. га, в том числе по лесничествам: Тобольское – 8,7; Каменскуральское – 13,5; Боровское – 10,5 и Сабанкульское – 11,3 тыс. га (рис. 2.3). Основные показатели лесного фонда характеризуются данными таблиц 2.2 - 2.5, из которых следует, что преобладает лиственная группа пород, занимающая 72% покрытых лесом земель. В лесопокрытой площади на долю берёзы приходится 59, осины – 11 и сосны, главным образом, культур - 23%.

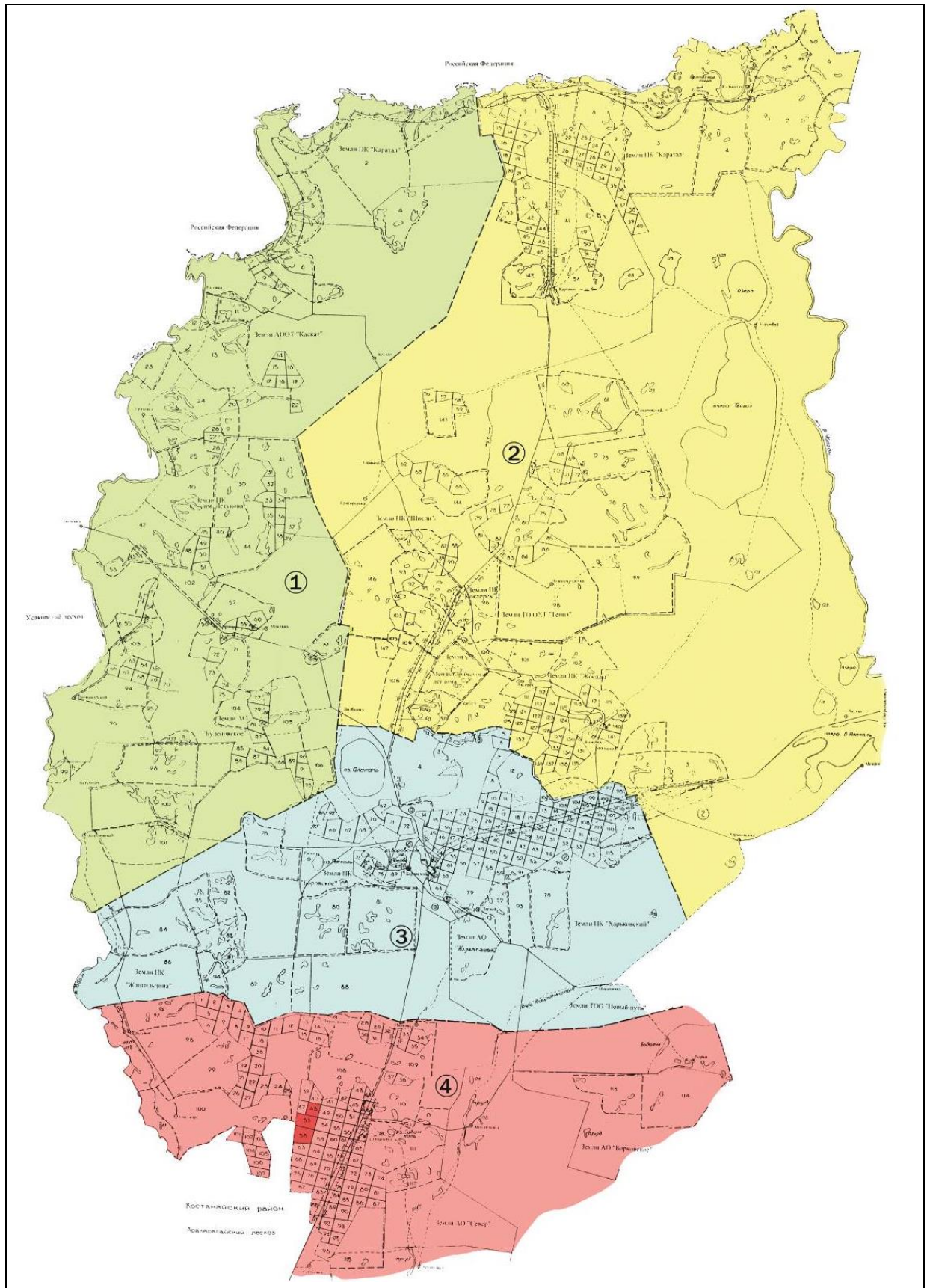


Рис. 2.3. Карта-схема лесничеств Боровского лесхоза Кустанайской области. Лесничества: 1- Тобольское, 2 – Каменск-Уральское, 3 – Боровское, 4 – Сабанкульское. Красными квадратами отмечены кварталы (№№ 48, 53 и 58), в которых заложены наши пробные площади.

Таблица 2.2

Распределение лесных земель Боровского лесхоза по преобладающим породам, га

Преобладающая порода	Покрытые лесом		Итого не покрытых лесом	Всего лесных земель
	Итого	В том числе лесные культуры		
Основные лесообразующие породы				
Сосна	5623	4400,7	1067,3	6808,9
Лиственница	528	521,8	-	528
Береза	14285	3926,5	2390,1	16679,1
Осина	2587	-	106,5	2693,5
Тополь	2	2,1	-	2
Ясень	2	1,9	-	3
Клен	8	8,5	-	8
Вяз	6	5,6	-	6
Итого	23041	8867,1	3564,9	26727,5
Прочие древесные породы				
Прочие древесные породы	1040	-	-	1040
Питомники	-	-	-	104
Всего	24087	8827,8	3564,8	27877,5

Лиственница в виде культур занимает 2% лесопокрытой площади лесхоза (Приложение 2). Покрытые лесом земли занимают 86% от общей площади лесных земель. Преобладают насаждения с полнотой 0,65.

Распределение насаждений по типам леса соответствует распределению их по площади лесообразующих пород, а в пределах их зависит от условий местопроизрастания, в первую очередь, от рельефа местности и типа почв. Преобладают свежие типы леса по всем породам: по сосне 99, по березе 77 и по осине 54%.

Таблица 2.3

Распределение покрытой лесом площади Боровского лесхоза по преобладающим породам и классам бонитета, га

Преобладающая порода	Классы бонитета							Итого	Средний класс бонитета
	Ia	I	II	III	IV	V	Va		
Сосна	19	603,6	1533,9	1683,3	1768,3	13,7	-	5621,8	2,9
Лиственница	8,5	44,3	224,4	206,1	34,9	10,0	-	528,2	2,5
Береза	562,3	1287,4	5137,1	5719,6	1457,1	117,4	4,8	14285,7	2,5
Осина	2,7	141,2	1033,0	1040,9	337,8	31,7	-	2587,3	2,6
Тополь	-	-	-	-	-	2,1	-	2,1	5,0
Ясень	-	-	-	0,7	-	1,2	-	1,9	4,3
Клен	0,2	-	1,8	-	5,9	-	0,6	8,5	3,6
Вяз	-	-	-	-	5,6	-	-	5,6	4,0
Итого лесообразующих пород	529,7	2076,5	7930,2	8650,6	3609,6	176,1	5,4	23041, 1	2,6
Итого кустарников	-	-	7	124,3	704,5	204,4	-	1045,9	4,0
Всего	592,7	2076,5	7937,9	8779,9	4314,1	380,5	5,4	24087	2,7

Таблица 2.4.

Распределение покрытой лесом площади Боровского лесхоза по преобладающим породам и полнотам, га

Преобладающая порода	Полноты								Итого	Средняя полнота
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0		
Сосна	15	1290	736	1165	1497	444	246	229	5622	0,61
Лиственница	-	110	60	30	235	69	23	1	528	0,63
Береза	225	2196	1747	2313	4371	1946	817	671	14286	0,65
Осина	17	287	171	368	625	380	271	441	2587	0,72
Тополь	-	-	-	-	2	-	-	-	2	0,70
Ясень	-	-	2	-	-	-	-	-	2	0,50
Клен	-	5	-	2	-	-	-	1	8	0,56
Вяз	-	-	6	-	-	-	-	-	6	0,50
Итого лесообразующих пород	257	3888	2722	3878	6757	2839	1357	1343	23041	0,65
Итого кустарников	1	157	234	308	152	69	29	123	1046	0,63
Всего по лесхозу	258	4045	2929	4186	6909	2908	1386	1466	24087	0,65



Таблица 2.5

Распределение покрытых лесом земель по группам типов леса

Преобладающая порода	Группы типов леса или типы леса	Площадь	
		га	%
Сосна	Сосняки:	5622	23,3
	очень сухие	13	-
	сухие	12	-
	свежие	5592	23,2
	влажные	5	-
Береза	Березняки:	14286	59,3
	свежие	10977	45,6
	влажные	2961	12,3
	сырые	37	0,2
	временные	310	1,3
Осина	Осинники:	2587	10,7
	свежие	1400	5,8
	влажные	782	3,3
	сырые	24	0,1
	временные	381	1,6
Ива кустарниковая	Ивняки	836	3,5
Прочие кустарники	Кустарники	204	0,9
Насаждения интродуценты			
Лиственница	-	528	2,2
Тополь	-	2	-
Ясень	-	2	-
Вяз	-	6	-
Клен	-	8	-
Яблоня	-	6	-

### 2.3. Объекты исследований и объем выполненных работ

Наши полевые исследования проведены в условиях засушливой степи Тургайского прогиба в чистых 40-41-летних культурах лиственницы Сукачёва, произрастающей на территории Боровского лесхоза Кустанайской области в Северном Казахстане (53<sup>0</sup> с.ш., 64<sup>0</sup> в.д.). Здесь нами заложены 10 пробных площадей (рис. 2.4 и 2.5) и взято по ступеням толщины 28 модельных деревьев. Полученные фактические данные о фитомассе 28 деревьев лиственницы включены в общую базу данных, приведенную в При-



ложении 3. Характеристика лиственных древостоев, полученная по результатам их инструментальной таксации на пробных площадях в культурах, дана в табл. 2.6.

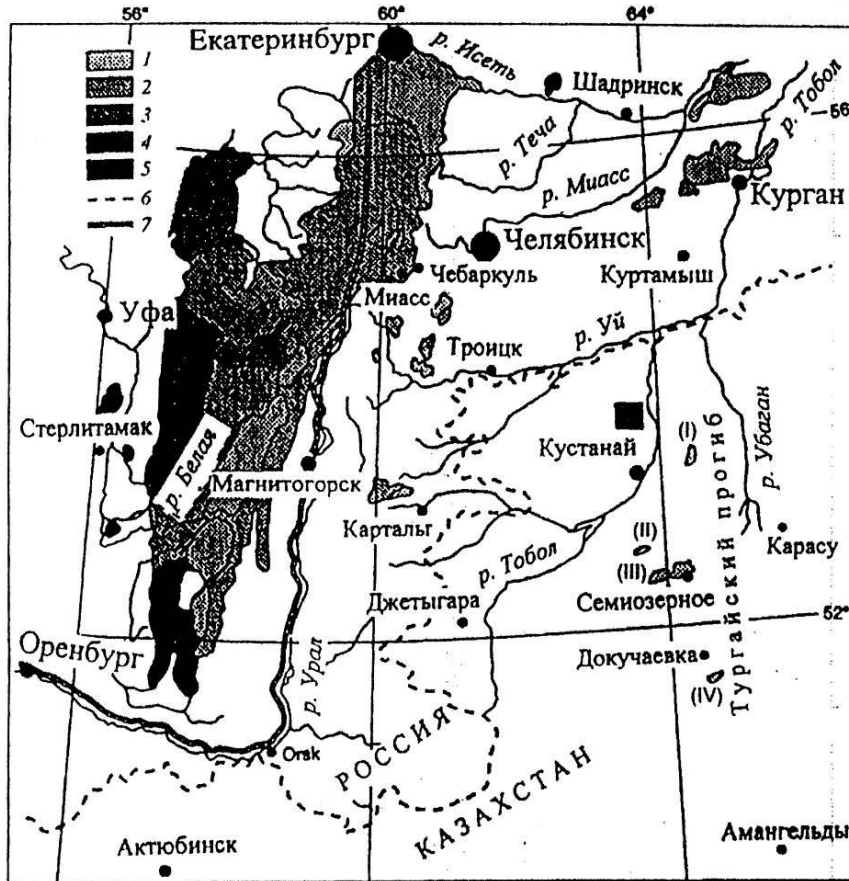


Рис. 2.4. Расположение места закладки пробных площадей в культурах лиственницы в Тургайском прогибе (показано квадратом).



Рис. 2.5. Чистые культуры лиственницы, в которых заложены наши пробные площади. Культуры созданы в начале 1970-х годов в Сабанкульском лесничестве Боровского лесхоза бывшей Кустанайской области ( $53^{\circ}$  с.ш.,  $64^{\circ}$  в.д.). Ноябрь 2013 г.

Таблица 2.6

Таксационная характеристика лиственничных насаждений на заложённых пробных площадях в культурах

№ п/п	Состав	Возраст, лет	ТЛУ и класс бонитета	Густота, т./га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га
1	10Л	41	Св. Ia	1516	19,6	17,3	45,9	498
2	10Л	41	Св. Ia	811	21,4	15,5	29,1	275
3	10Л	40	Св. Ia	1600	19,2	15,6	46,2	410
4	10Л	40	Св. I	1633	18,1	14,4	41,9	326
5	10Л	40	Св. I	1825	16,5	15,4	39,1	398
6	10Л	40	Св. I	1200	18,9	14,9	33,6	297
7	10Л	40	Сух. I,5	2350	16,8	14,9	51,8	391
8	10Л	40	Сух. I,5	1750	17,9	14,4	44,1	343
9	10Л	40	Сух. II	1950	18,4	16,8	52,1	468
10	10Л	40	Сух. II	1475	18,7	15,6	40,3	365

Количество дисков, выпиленных из стволов для определения квалитметрических показателей древесины и коры – 42; количество определений квалитметрических показателей кроны по пробным навескам хвои и ветвей (скелета кроны) – 112. Методика полевых и камеральных работ была изложена выше.

#### 2.4. Характеристика баз данных о фитомассе и ЧПП лиственничников Евразии

Лиственничные леса растут в Северном полушарии, 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).

Базы данных о фитомассе и первичной продукции фитомассы лесов дают уникальные возможности для анализа географии продуктивности лесных экосистем (Luo et al., 2014). Исследования биологической продук-

тивности лесов не только в России, но в мире, исторически складывались таким образом, что получили преимущественное распространение работы по оценке на пробных площадях только фитомассы, причем в большей степени – надземной и в меньшей степени – подземной. Поэтому в сформированной и опубликованной базе данных о фитомассе и ЧПП лесов Евразии (т/га) материалы по фитомассе (более 8 тыс. пробных площадей) втрое превышают соответствующие данные о ЧПП и фитомассе (около 2600 пробных площадей) (Usoltsev, 2013). Примерно такое же соотношение данных о надземной и подземной фитомассе лесобразующих пород Евразии имеет место и в опубликованных материалах по её фракционному составу на уровне модельных деревьев (кг абсолютно сухого вещества). Подобная база данных впервые сформирована В.А. Усольцевым (2015) в количестве около 7 тысяч модельных деревьев.

#### *2.4.1. Фитомасса деревьев (кг) рода *Larix* в лесах Евразии*

Опубликованная литература, включающая сводки аллометрических уравнений фитомассы, содержит фактические данные колоссального числа модельных деревьев разных пород мира, однако они не приведены в известность и недоступны для общего пользования. Поэтому необходима база данных о фактической структуре фитомассы, полученной путем подременной ее оценки в лесных насаждениях. На её основе можно исследовать как аллометрические взаимосвязи фитомассы, так и географические закономерности структуры фитомассы на уровне отдельного дерева.

Подобная работа нами выполнена для лиственницы. По 21 литературному источнику сформирована база подременных данных лиственницы в количестве около 500 деревьев, приведённая в Приложение 3. Распределение пробных площадей на территории Евразии показано на рис. 2.6.

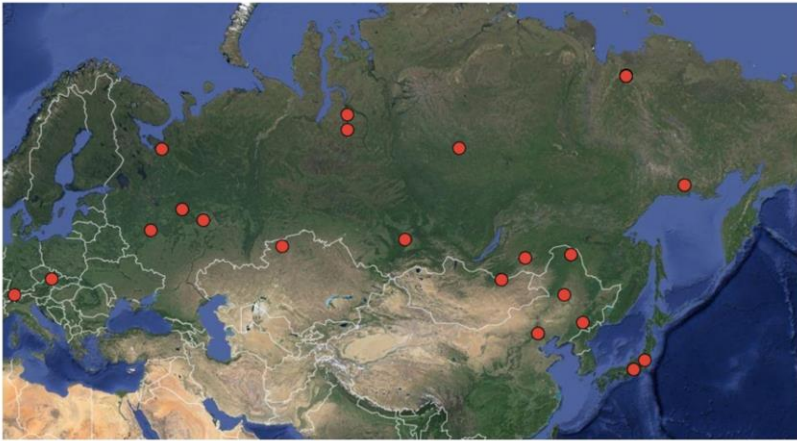


Рис. 2.6. Распределение пробных площадей, на которых выполнены измерения фитомассы (кг) 500 деревьев лиственницы (род *Larix*) на территории Евразии.

#### 2.4.2. Фитомасса насаждений (т/га) рода *Larix* в лесах Евразии

Для анализа географии биологической продуктивности лиственницы Евразии на уровне насаждений (т/га) нами использованы данные 540 пробных площадей (рис. 2.7) с определениями на них только фитомассы (ствол, ветви, хвоя, корни, нижний ярус, в который вошли травяной покров, кустарнички, кустарники и подрост) и 130 пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы разных видов рода *Larix* Mill (Приложения 4 и 5).

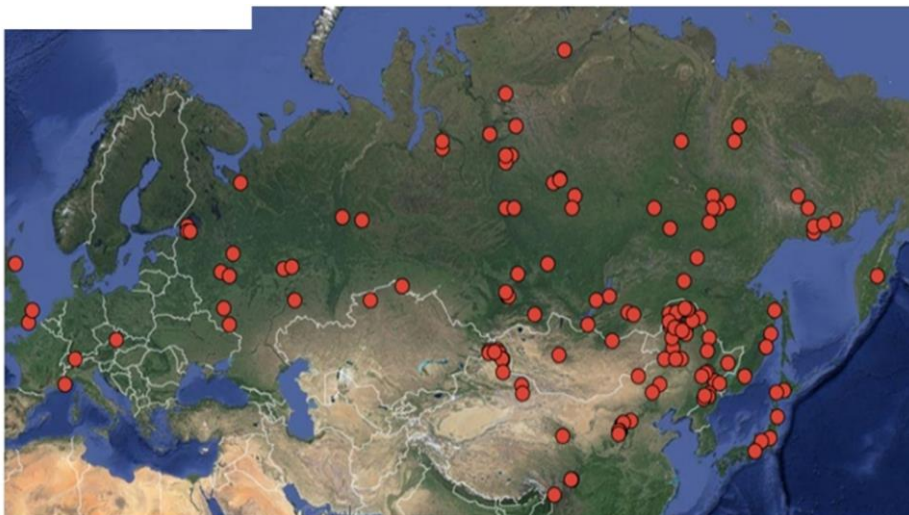


Рис. 2.7. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы и годичной ЧПП (т/га) 540 насаждений лиственницы (род *Larix* Mill.) на территории Евразии.

Таблица 2.7.

Распределение по регионам Евразии количества пробных площадей, на которых определена только фитомасса лиственничников

№	Регион	Вид лиственницы	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 <sup>0</sup> 00' - 57 <sup>0</sup> 10'	00 <sup>0</sup> 00' - 16 <sup>0</sup> 40'	11
		Японская	<i>L. leptolepis</i> Gord.	Культуры	50	52 <sup>0</sup> 30'	00 <sup>0</sup> 53'	2
2	Европейская территория России, от северной тайги до лесостепи	Сукачёва	<i>L. sukaczewii</i> N. Dyl.	Культуры	50-105	51 <sup>0</sup> 00' - 64 <sup>0</sup> 00'	30 <sup>0</sup> 00' - 63 <sup>0</sup> 00'	59
3	Тургайский прогиб, засушливая степь	Сукачёва	<i>L. sukaczewii</i> N. Dyl.	Культуры	100-120	52 <sup>0</sup> 20'	64 <sup>0</sup> 00'	10
4	Западная Сибирь, лесотундра в низовьях р. Пур	Сибирская	<i>L. sibirica</i> Ldb.	Естественное	25-30	67 <sup>0</sup> 00'	78 <sup>0</sup> 00'	11
5	Западная Сибирь, средняя тайга и лесостепь	Сибирская	<i>L. sibirica</i>	Естественное, культуры	25-30	55 <sup>0</sup> 00' - 64 <sup>0</sup> 00'	70 <sup>0</sup> 30' - 78 <sup>0</sup> 00'	7
6	Средняя Сибирь, от тундры до южной тайги	Гмелина, Чекановского	<i>L. Gmelinii</i> (Rupr.) Rupr., <i>L. czekanovskii</i> Turcz.	Естественное	70-600	57 <sup>0</sup> 10' - 72 <sup>0</sup> 28'	87 <sup>0</sup> 00' - 102 <sup>0</sup> 30'	70
7	Средняя Сибирь, красноярская лесостепь, Западный Саян	Сибирская	<i>L. sibirica</i>	Культуры, естественное	25-1000	52 <sup>0</sup> 00' - 56 <sup>0</sup> 13'	89 <sup>0</sup> 00' - 95 <sup>0</sup> 30'	68
8	Восточная Сибирь, от северной до южной тайги	Каяндера, Гмелина	<i>L. cajanderi</i> Mayr., <i>L. Gmelinii</i>	Естественное	220-1160	60 <sup>0</sup> 20' - 68 <sup>0</sup> 00'	118 <sup>0</sup> 00' - 145 <sup>0</sup> 00'	59
9	Российское Забайкалье, средняя и южная тайга	Гмелина, Чекановского	<i>L. Gmelinii</i> , <i>L. czekanovskii</i>	Естественное	500-1400	51 <sup>0</sup> 00' - 57 <sup>0</sup> 00'	105 <sup>0</sup> 30' - 126 <sup>0</sup> 00'	41

Продолжение таблицы 2.7

№	Регион	Вид лист- венницы	Систематическое название	Проис- хождение	Высота над уровнем моря, м	Север- ная ши- рота	Восточ- ная дол- гота	Число пробных площадей
10	Российский Дальний Восток, от северной тайги до хвойно- широколиственных лесов	Каяндера, Комарова, ольгинская	<i>L. cajanderi</i> Mayr., <i>L.</i> <i>komarovii</i> Kolesn., <i>L.</i> <i>olgensis</i> A. Henry	Есте- ственное	65-900	45 <sup>0</sup> 00′ 62 <sup>0</sup> 00′	135 <sup>0</sup> 00′ 160 <sup>0</sup> 00′	42
11	Монголия	Чекановско- го, Гмелина	<i>L. czekanovskii</i> , <i>L.</i> <i>Gmelinii</i>	Есте- ственное	100-1920	47 <sup>0</sup> 30′- 49 <sup>0</sup> 10′	100 <sup>0</sup> 00′- 110 <sup>0</sup> 00′	8
12	Северо-Западный Китай, Синьцзян-Уйгурский район, Алтай	Сибирская, ольгинская	<i>L. sibirica</i> , <i>L. olgensis</i>	Есте- ственное, культуры	1200-2298	41 <sup>0</sup> 12′- 48 <sup>0</sup> 00′	81 <sup>0</sup> 00′- 117 <sup>0</sup> 40′	10
13	Северо-Восточный Китай, Внутренняя Монголия, Большой Хинган и др.	Гмелина	<i>L. Gmelinii</i>	Есте- ственное, культуры	650-1280	42 <sup>0</sup> 20′- 52 <sup>0</sup> 44′	120 <sup>0</sup> 00′- 128 <sup>0</sup> 16′	78
14	Центральный Китай, про- винции Шаньси, Сычуань и др.	Принца Рупрехта	<i>L. Principis-ruprechtii</i> Mayr	Есте- ственное	1850-4240	28 <sup>0</sup> 35′- 37 <sup>0</sup> 50′	99 <sup>0</sup> 10′- 113 <sup>0</sup> 35′	18
15	Япония, гора Асибету, вул- кан Ивате	Японская	<i>L. leptolepis</i> Gord.	Культуры	300-1040	35 <sup>0</sup> 00′- 43 <sup>0</sup> 13′	137 <sup>0</sup> 00′- 142 <sup>0</sup> 23′	46
Итого								540



Таблица 2.8.

Распределение по регионам Евразии количества пробных площадей, на которых определены ЧПП и фитомасса лиственных деревьев

№	Регион	Вид лиственницы	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>	Естественное	470-1700	44 <sup>0</sup> 00' - 49 <sup>0</sup> 19'	07 <sup>0</sup> 00' - 16 <sup>0</sup> 40'	2
2	Европейская территория России, от средней тайги до лесостепи	Сукачёва	<i>L. sukaczewii</i>	Культуры	50-100	53 <sup>0</sup> 30' - 60 <sup>0</sup> 30'	30 <sup>0</sup> 00' - 50 <sup>0</sup> 20'	6
3	Тургайский прогиб, засушливая степь	Сукачёва	<i>L. sukaczewii</i>	Культуры	100-120	52 <sup>0</sup> 20'	64 <sup>0</sup> 00'	10
4	Западная Сибирь, лесотундра в низовьях р. Пур	Сибирская	<i>L. sibirica</i> Ldb.	Естественное	25-30	67 <sup>0</sup> 00'	78 <sup>0</sup> 00'	3
5	Западная Сибирь, средняя тайга	Сибирская	<i>L.</i>	Естественное	25-30	64 <sup>0</sup> 00'	78 <sup>0</sup> 00'	3
7	Средняя Сибирь, лесотундра и северная тайга	Гмелина	<i>L. Gmelinii</i>	Естественное	70-220	63 <sup>0</sup> 00' - 68 <sup>0</sup> 00'	90 <sup>0</sup> 00' - 129 <sup>0</sup> 00'	16
6	Средняя Сибирь, красноярская лесостепь	Сибирская	<i>L. sibirica</i>	Культуры	25-30	56 <sup>0</sup> 13'	92 <sup>0</sup> 19'	1
8	Северо-Западный Китай, Синьцзян-Уйгурский район, Алтай	Сибирская	<i>L. sibirica</i>	Естественное	1650-2298	43 <sup>0</sup> 00' - 48 <sup>0</sup> 00'	81 <sup>0</sup> 00' - 93 <sup>0</sup> 00'	11
9	Северо-Восточный Китай, Внутренняя Монголия, Большой Хинган и др.	Гмелина	<i>L. Gmelinii</i>	Естественное, культуры	650-1280	42 <sup>0</sup> 20' - 52 <sup>0</sup> 44'	120 <sup>0</sup> 00' - 128 <sup>0</sup> 16'	49
10	Центральный Китай, провинции Шаньси, Сычуань и др.	Принца Рупрехта	<i>L. Principis-ruprechtii</i>	Естественное	1850-4240	28 <sup>0</sup> 35' - 37 <sup>0</sup> 50'	99 <sup>0</sup> 10' - 113 <sup>0</sup> 35'	12
11	Япония, гора Асибету, вулкан Ивате	Японская	<i>L. leptolepis</i>	Культуры	300-360	39 <sup>0</sup> 45' - 43 <sup>0</sup> 13'	141 <sup>0</sup> 08' - 142 <sup>0</sup> 23'	3
Итого								116

В исходные массивы вошли также данные 10 пробных площадей, заложенных нами в культурах лиственницы Сукачёва в Тургайском прогибе (Усольцев и др., 2014), и 6 пробных площадей, заложенных в Якутии японскими исследователями в насаждениях лиственницы Гмелина в возрасте от 10 до 174 лет (Kajimoto et al., 2010). Распределение исходных данных по регионам Евразии представлено в табл. 2.7 и 2.8, материалы которых объединены для всего рода *Larix* соответственно в два исходных массива, структурированных в географическом плане.

Совместный анализ разных видов лиственницы вызван невозможностью произрастания одного и того же древесного вида на всей территории Евразии (например, *L. decidua* Mill., *L. Gmelinii* (Rupr.) Rupr., *L. Principis-ruprechtii* Maug), в результате чего ареалы того или иного древесного вида в пределах рода *Larix* приурочены к определенным экорегионам.



### ГЛАВА 3. СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ (кг) В ЛИСТВЕННИКАХ РАЗНЫХ ЭКОРЕГИОНОВ: АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ТАБЛИЦ

Имея региональные данные фитомассы деревьев в некоторых диапазонах диаметров ствола лесообразующих пород, можно оценивать фитомассу древостоев без трудоемкой процедуры определения их фитомассы, ограничиваясь лишь перечислительной таксацией. Сейчас ставится вопрос о восстановлении разрушенной в результате введения Лесного кодекса 2006 года системы русского лесоустройства (Трейфельд, 2013). В этой связи может быть использован опыт Канады и Швеции, где уже в 1980-х гг. лесоустройство было нацелено на оценку не только запаса древесины, но и всей фитомассы насаждений (Vonnor, 1985; Ranneby et al., 1987), на основе аллометрических уравнений для поперечных данных фитомассы и результатов пересчета деревьев по ступеням толщины на лесных выделах. Применение аллометрических уравнений имеет как биологический, так и прикладной аспекты.

#### 3.1. Распределение ассимилятов в деревьях лиственницы в контексте современных теорий

В разделе 1.2.1 было показано, что в противовес «теории метаболического масштабирования» - MST, предложенной Г. Вестом с соавторами (West et al., 1997) на основе аллометрического соотношения (1.1), Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2012) предложили альтернативную «теорию адаптивного распределения масс» - АРТ, согласно которой растения могут изменять соотношения между массами различных органов в зависимости от их требований и внешних условий, что может описываться логарифмическим полиномом 2-го порядка

$$\ln(Pf) = a + b_1 (\ln Pst) + b_2 (\ln Pst)^2, \quad (3.1)$$

где  $Pf$  и  $Pst$  - масса соответственно хвои и ствола дерева. Было показано также, что в результате взятия первой производной от (3.1) установлено, что при увеличении массы ствола растений от  $10^{-3}$  до  $10^6$  г величина  $b$  в соотношении *листва ~ ствол* ( $Pf \sim Pst$ ) снижается с 0,90 до 0,58.

Мы выполнили аналогичный анализ фитомассы деревьев применительно к лиственнице, произрастающей в трех экорегионах (Усольцев и др., 2015б): 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 объединяют в специальную систему с блоковыми фиктивными переменными (Дрейпер, Смит, 1973). Эта система дает возможность оценить степень “дистанцирования” показателей фитомассы деревьев по различным экорегионам:

$$\ln (Pf) = a + b_1 (\ln Pst) + b_2 (\ln Pst)^2 + b_3 X1 + b_4 X2, \quad (3.2)$$

где  $X1$  и  $X2$  – блоковые фиктивные переменные, посредством которых выполнена кодировка принадлежности локальных массивов данных о фитомассе деревьев лиственницы по схеме, представленной в табл. 3.1.

Таблица 3.1

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 (3.2) для первых двух регионов статистически не значимо ( $t=1,7 < t_{05}=2,0$ ), и они объединены в

один исходный массив (линия регрессии (1) на рис. 3.1). Но уравнения для объединенного массива и для речной поймы различаются ( $t=4,2 > t_{05}=2,0$ ), и регрессионные линии сдвинуты относительно друг друга по оси ординат на величину 0,329 (соответственно линии регрессии (1) и (2) на рис. 3.1).

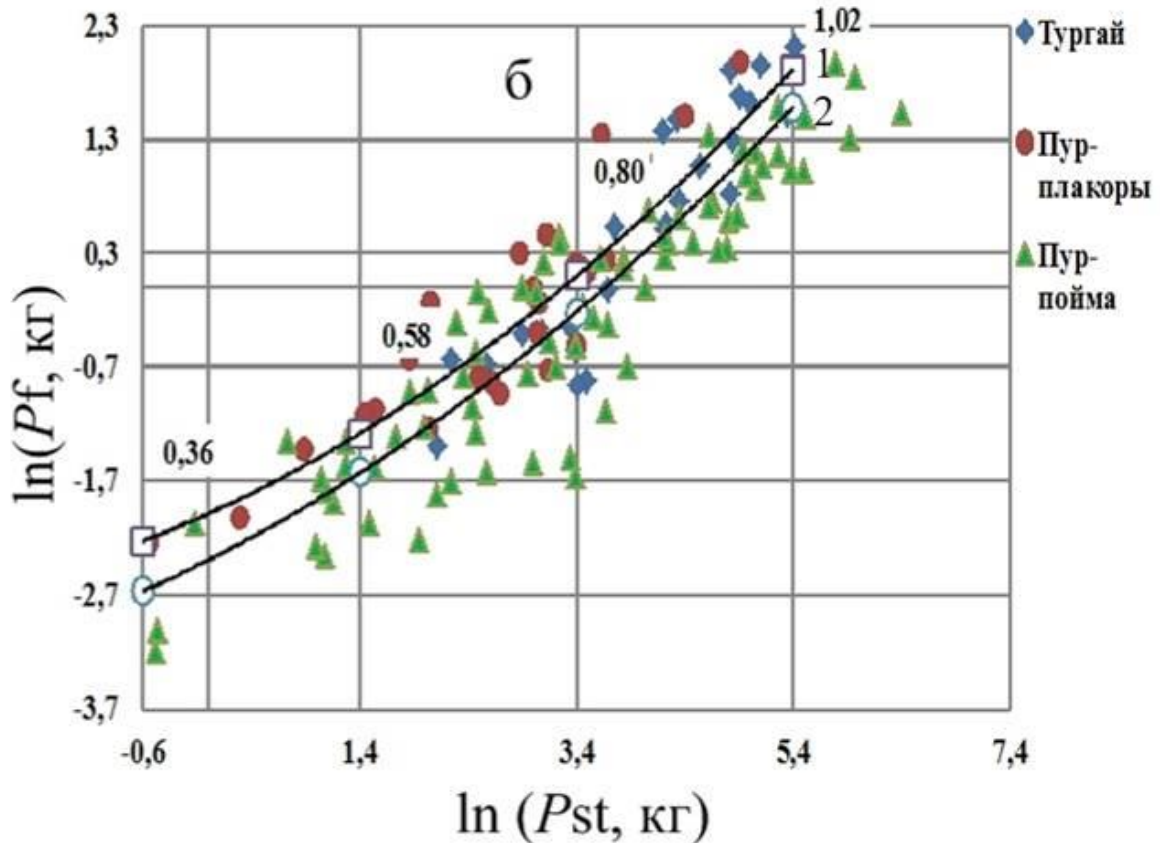


Рис. 3.1. Результаты анализа трёх массивов исходных данных фитомассы деревьев лиственницы: 1 – для Тургайского прогиба и плакоров лесотундры, 2 – для речных пойм лесотундры.

В окончательном варианте уравнение (3.2) имеет вид

$$\ln(Pf) = -1,9895 + 0,4263(\ln Pst) + 0,0550(\ln Pst)^2 - 0,4472(X2). \quad (3.3)$$

Согласно уравнению (3.3) значение  $b$  в соотношении *хвоя* ~ *ствол* не остается неизменным и возрастает с 0,36 до 1,02 (см. рис. 3.1). Кривизна линий регрессии на рис. 3а (Усольцев и др., 2015f) и 3.1 имеет противоположный характер, что, по сути, исключает какую-либо биологическую их интер-

претацию, по крайней мере, ту, которую предложили Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2012).

Поскольку мы исследуем стохастические процессы, то всегда имеется доверительный интервал, в пределах которого каждое из значений 0,740; 0,739 или 0,750 является истинным.

В разделе 1.3.1 было отмечено, что в функциональных моделях распределения масс часто рассматриваются относительные показатели, когда масса каждого компонента делится на общую массу растения. Х. Поортер с соавторами (Poorter et al., 2012), исходя из теории АРТ, показали, что относительная доля масс листвы, ствола и корней стабильна для раннего онтогенеза, но с увеличением размеров дерева происходят его непрерывные изменения: у крупных растений доля массы ствола увеличивается, а доля массы листвы сокращается. Тем не менее, динамика относительных показателей массы разных фракций в связи с общей массой дерева в сосняках (имеет общий тренд с теорией АРТ лишь в отношении массы хвои и частично - массы корней, а по массе ствола различие существенное, а следовательно, теоретические предпосылки не подтверждаются результатами, полученными для относительных показателей фитомассы деревьев сосны.

Аналогичный анализ выполнен нами по данным, полученным для фитомассы деревьев лиственницы на основе уравнения

$$\ln(P_i/P_a) = a + b_1 \ln(P_a) + b_2 (\ln P_a)^2 + b_3 X_1 + b_4 X_2, \quad (3.4)$$

где  $P_i$  – масса  $i$ -й фракции, соответственно хвои ( $P_f$ ) и ствола ( $P_{st}$ ), кг;  $P_a$  – надземная фитомасса, кг.

Характеристика полученных уравнений (3.4) для относительных показателей фитомассы хвои и ствола приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Характеристика уравнений (3.4) для относительных показателей фитомассы лиственных деревьев

Зависимая переменная*	Константы при независимых переменных**					R <sup>2</sup>	Ошибка уравнения
	<i>a</i>	<i>b</i> <sub>1</sub> (ln <i>Pa</i> )	<i>b</i> <sub>2</sub> (ln <i>Pa</i> ) <sup>2</sup>	<i>b</i> <sub>3</sub> (X1)	<i>b</i> <sub>4</sub> (X2)		
ln( <i>Pf/Pa</i> )	-2,4065	-0,3568	0,0202	-	-0,3260	0,518	0,35
ln( <i>Pst/Pa</i> )	-0,2679	0,0582	-0,0062	-0,0552	0,0341	0,403	0,05

\* *Pa* – надземная фитомасса дерева, кг. \*\* Все константы значимы на уровне *P*<sub>05</sub>.

Характер полученных кривых (рис. 3.2) в целом подтверждает концепцию Х. Поортера с соавторами (2015), хорошо известную в биологии и морфологии древесных растений. Однако в лиственныхниках кривые имеют не S-образный, а монотонный характер, поскольку у нас отсутствуют данные соотношения масс растений на ранних стадиях онтогенеза, начиная от проростков.

Установлено также, что различие зависимостей (3.4) для (*Pf/Pa*), 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. 3.2а). 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. 3.2а).

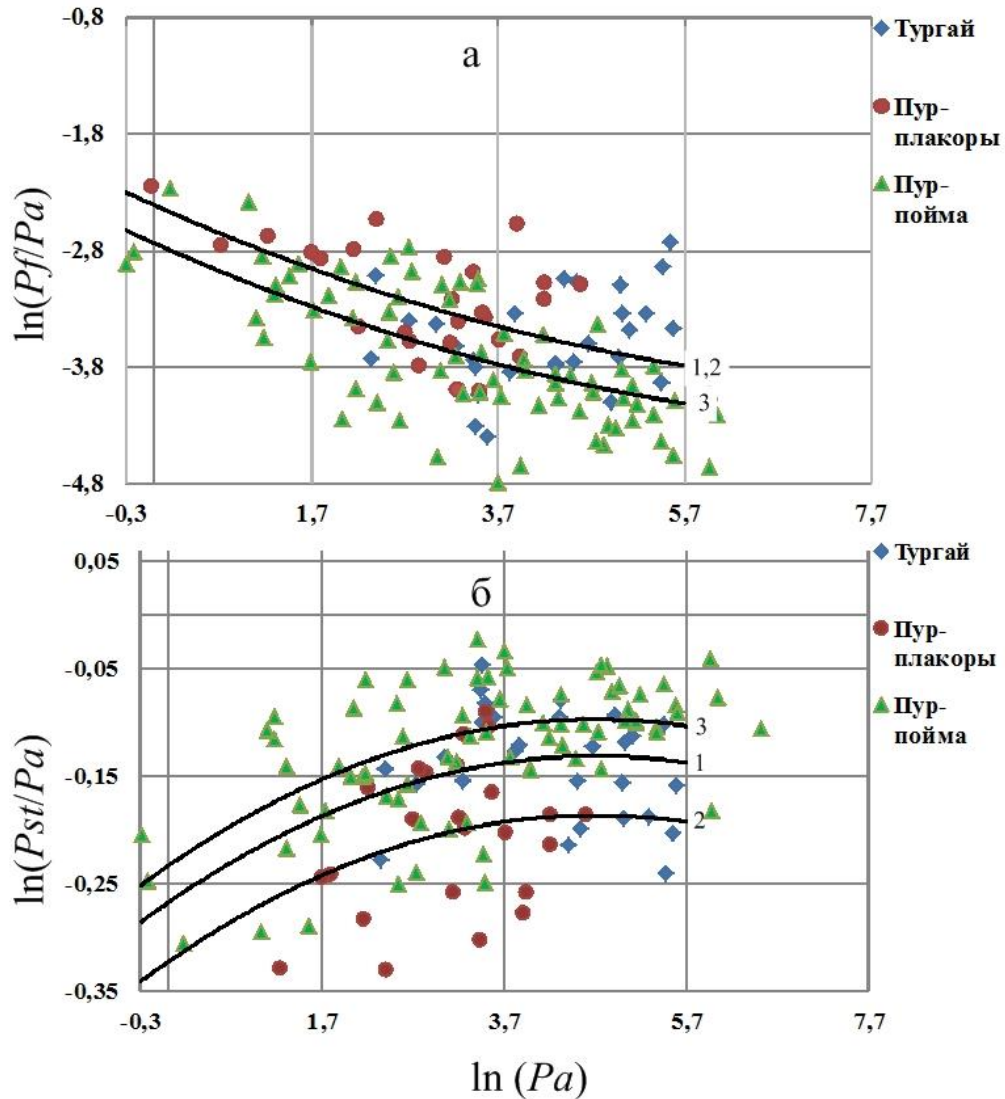


Рис. 3.2. Зависимость относительной массы хвои (а) и ствола (б) от надземной массы растения в сообществах лиственницы трех экорегіонов: 1 – Тургайский прогиб, 2 – плакоры лесотундры, 3 – речные поймы лесотундры.

Линии регрессии (3.4) для  $(Pst/Pa)$ , полученные для двух экорегіонов в лесотундре, сдвинуты относительно линии, полученной для сухой степи. При этом линия для плакоров сдвинута со знаком «минус» на величину 0,0551 относительно линии для сухой степи (табл. 3.2), и этот сдвиг статистически значим ( $t=3,6 > t_{05}=2,0$ ). Линия для речных пойм сдвинута со знаком «плюс» на величину 0,0341 (см. табл. 3.2) 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 плакорах лесотундры, но меньше, чем в поймах там же.

Таким образом, установлено, что экспонента масштабирования в аллометрическом уравнении (1.2) не является постоянной величиной согласно модели MST, предложенной Г. Вестом. Полученное её значение также не подтверждает и биологическую трактовку по модели АРТ, предложенной Х. Поортером, поскольку характеры полученных кривых по разным исходным данным фитомассы не совпадают, а бывают и противоположными.

### **3.2. Фитомасса деревьев лиственницы (кг) на северном и южном пределах и составление справочно-нормативных таблиц**

Как уже упоминалось, доля чистых древостоев в лесном фонде не так велика, и смешанные древостои занимают значительные покрытые лесом площади. Для оценки фитомассы таких древостоев (см. рис. 1.61) необходимы справочно-нормативные таблицы фитомассы на уровне деревьев.

Регрессионные модели и полученные на их основе таблицы фитомассы деревьев по образцу традиционных объемных или сортиментных таблиц с двумя входами - диаметром и высотой дерева - необходимы также для оценки углерододепонирующей способности лесов при анализе их биосферной роли. В лесоводственной литературе опыт составления подобных таблиц для различных пород изложен достаточно детально (Токмурзин, Байзаков, 1970; Усольцев, Усольцева, 1977; Семечкина, 1978; Биологическая продуктивность..., 1982; Baker et al., 1984; Wirth, 2004).

Для оценки региональных смещений в величине фитомассы равновеликих деревьев лиственницы применена регрессионная модель:

$$\ln Pi = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H + a_3 (\ln D \times \ln H) + a_4 X_1 + a_5 X_2, \quad (3.5)$$

где  $Pi$  - масса фракции дерева ( $Pf$ ,  $Pb$ ,  $Ps$  и  $Pa$  - хвои, ветвей, ствола и вся надземная, соответственно), кг;  $D$  - диаметр ствола на высоте груди, см;  $H$  - высота дерева, м;  $X_1$  и  $X_2$  - блоковые фиктивные переменные, посредством

которых выполнена кодировка принадлежности локальных массивов данных о фитомассе деревьев лиственницы по схеме, представленной в табл. 3.1.

В уравнении (3.5) произведение ( $\ln D \times \ln H$ ) учитывает совместное действие двух факторов (синергизм). Известно, что планируемый эксперимент может быть активным и пассивным, но в обоих случаях основное требование – воспроизводимость его результатов (Усольцев, 2004). Очевидно, что модель без учета ( $\ln D \times \ln H$ ) дает воспроизводимые оценки лишь в средней части трендов, а на границах диапазона действующих факторов она обуславливает значительные смещения (рис. 3.3).

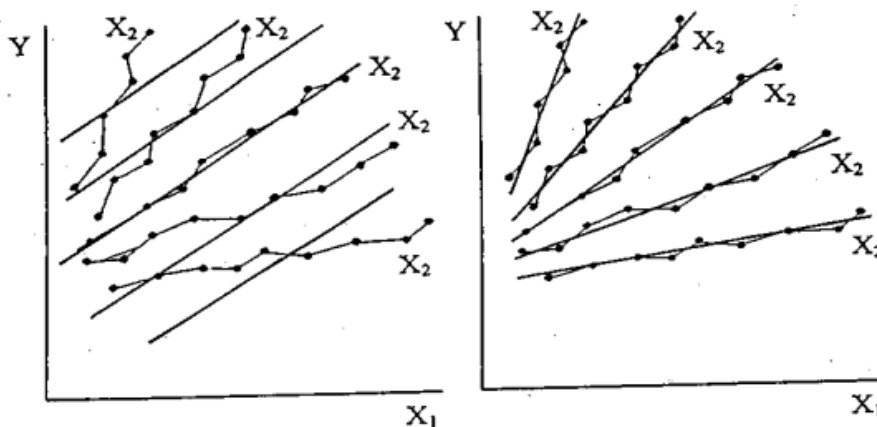


Рис. 3.3. Сравнительная геометрическая интерпретация двух 2-факторных уравнений:  $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2$  (слева) и  $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_1 \times X_2$  (справа) (Усольцев, 2004).

Характеристика уравнений (3.5) дана в табл. 3.3, а подтверждение отсутствия корреляции остатков в уравнениях – на рис. 3.4. В табл. 3.3 даны в сравнении два типа уравнений: с блоковыми фиктивными переменными и без них, т.е. с дифференциацией получаемых закономерностей по экорегионам и без нее. Значимость констант  $a_4$  и  $a_5$  при оценке  $Ps$  и  $Pa$  в (3.5) составляет, по Стьюденту, в пределах от 0,28 до 1,79, что ниже табличного значения  $t_{05} = 2$ . Таким образом, точность оценки фитомассы деревьев лиственницы при разделении исходного массива данных по экорегионам повышается существенно, но лишь для массы кроны, а изменчивость массы ствола и надземной в любом случае объясняется двумя таксационными показателями ( $D$  и  $H$ ) соответственно на 99,4 и 99,3%.



Таблица 3.3

## Характеристика уравнений (3.5)

$\ln Pi$	Константы и независимые переменные						$R^2$	SE
	$a_0$	$a_1 \ln D$	$a_2 \ln H$	$a_3$ ( $\ln D \times \ln H$ )	$a_4 X1$	$a_5 X2$		
Уравнения фитомассы деревьев с кодированием их блоковыми фиктивными переменными								
$\ln(Pf)$	-1,6803	2,3310	-2,2130	0,2667	-0,5224	-0,3302	0,914	0,38
$\ln(Pb)$	-1,2350	2,5088	-2,1759	0,2924	-0,3036	-0,2580	0,945	0,34
$\ln(Ps)$	-3,0576	1,4638	0,8246	0,1350	-	-	0,994	0,12
$\ln(Pa)$	-2,3136	1,5466	0,4045	0,1721	-	-	0,993	0,13
Уравнения фитомассы деревьев без кодирования их блоковыми фиктивными переменными								
$\ln(Pf)$	-3,2369	2,4861	-1,5484	0,1411	-	-	0,894	0,44
$\ln(Pb)$	-1,8882	2,5922	-1,9965	0,2544	-	-	0,927	0,41

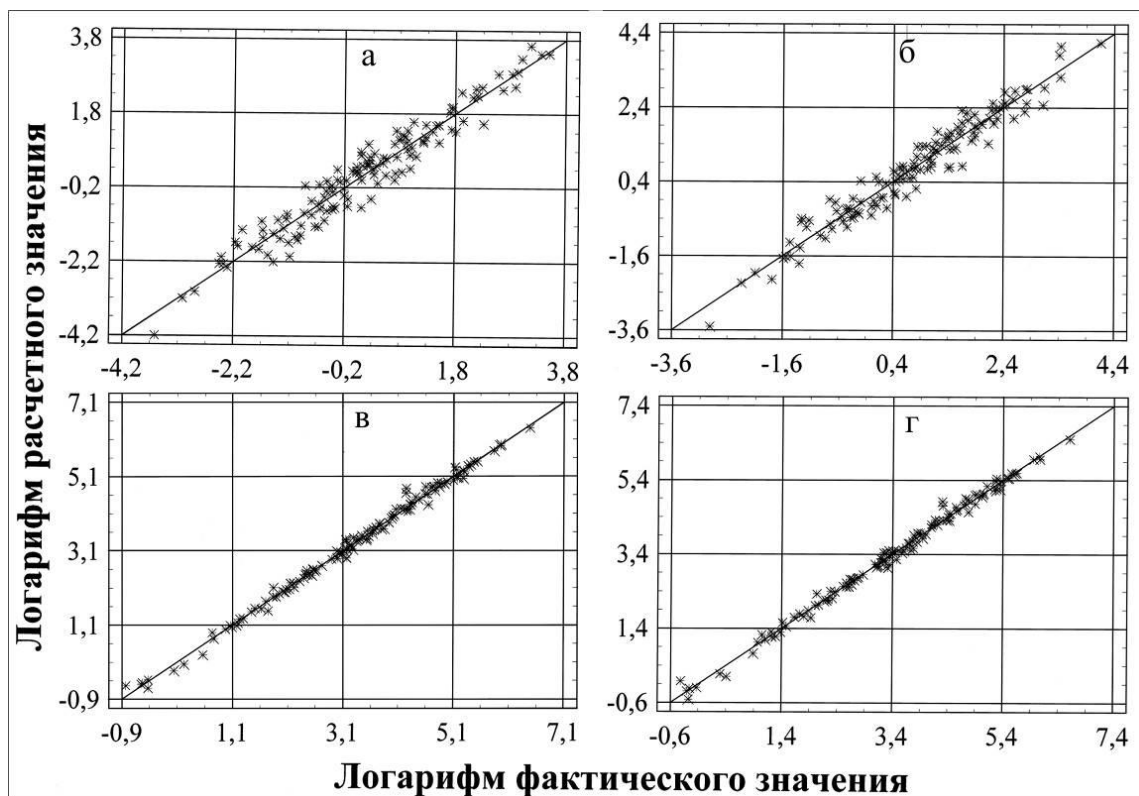


Рис. 3.4. Соотношение фактических и расчетных значений фитомассы деревьев лиственницы по фракционному составу: (а) хвои, (б) ветвей, (в) стволов, (г) надземной фитомассы согласно уравнениям (3.5).

Значения  $R^2$  при оценке массы хвои и ветвей составили в первом случае (при блоковых переменных) соответственно 0,914 и 0,945, а во втором (без

них) 0,894 и 0,927. Исключение блоковых фиктивных переменных в уравнении (3.5) увеличивает стандартную ошибку (SE) определения фитомассы хвой на 18 и ветвей - на 17%. Количественную характеристику этих различий дает табл. 3.4, полученная путем табулирования уравнений (3.5) по задаваемым значениям диаметра ствола, высоты дерева и блоковых фиктивных переменных, соответственно 1 или 0.

Таблица 3.4

Зависимость фитомассы деревьев лиственницы от диаметра ствола и высоты дерева в разных экорегионах

Высота дерева, м	Фракции фитомассы	Диаметр ствола на высоте груди, см							
		4	8	12	16	20	24	28	32
Культуры лиственницы Сукачёва в Тургайском прогибе									
12	Хвоя	0,05	0,39	1,30	3,07	5,99	10,33	-	-
	Ветви	0,12	1,09	4,05	10,26	21,12	38,10	-	-
	Ствол	4,64	15,75	32,19	53,44	79,20	109,2	-	-
	Итого	4,80	17,22	37,53	66,77	106,3	157,7	-	-
16	Хвоя	0,03	0,24	0,83	2,01	3,98	6,97	11,20	16,87
	Ветви	0,07	0,69	2,67	6,93	14,53	26,61	44,40	69,16
	Ствол	6,30	22,00	45,72	76,84	114,9	159,7	210,9	268,4
	Итого	6,40	22,93	49,22	85,77	133,4	193,3	266,5	354,4
20	Хвоя	-	-	0,59	1,45	2,91	5,14	8,33	12,66
	Ветви	-	-	1,93	5,11	10,87	20,15	33,95	53,35
	Ствол	-	-	60,03	101,8	153,4	214,4	284,6	363,7
	Итого	-	-	62,55	108,4	167,2	239,7	326,9	429,7
24	Хвоя	-	-	0,44	1,11	2,25	4,01	6,55	10,01
	Ветви	-	-	1,48	3,98	8,58	16,05	27,27	43,16
	Ствол	-	-	74,99	128,2	194,2	272,8	363,5	466,2
	Итого	-	-	76,92	133,3	205,1	292,9	397,4	519,4
28	Хвоя	-	-	-	-	1,81	3,25	5,34	8,20
	Ветви	-	-	-	-	7,02	13,25	22,66	36,08
	Ствол	-	-	-	-	237,1	334,4	447,1	575,2
	Итого	-	-	-	-	245,9	350,9	475,1	619,4
Естественные лиственничники лесотундры, плакоры, мерзлота									
12	Хвоя	0,029	0,23	0,77	1,82	3,5	6,1	-	-
	Ветви	0,085	0,80	2,99	7,57	15,6	28,1	-	-
	Ствол	4,64	15,75	32,19	53,44	79,2	109,2	-	-
	Итого	4,75	16,78	35,94	62,84	98,3	143,5	-	-
16	Хвоя	0,017	0,14	0,49	1,19	2,4	4,1	6,6	10,0
	Ветви	0,051	0,51	1,97	5,11	10,7	19,6	32,8	51,0
	Ствол	6,30	22,00	45,72	76,84	114,9	159,7	210,9	268,4
	Итого	6,37	22,65	48,18	83,14	128,0	183,5	250,3	329,4

Продолжение таблицы 3.4

Высота дерева, м	Фрак- ции фито- то- массы	Диаметр ствола на высоте груди, см							
		4	8	12	16	20	24	28	32
20	Хвоя	-	-	0,35	0,86	1,72	3,05	4,94	7,51
	Ветви	-	-	1,42	3,77	8,02	14,87	25,06	39,38
	Ствол	-	-	60,03	101,8	153,4	214,4	284,6	363,7
	Итого	-	-	61,80	106,5	163,2	232,3	314,6	410,6
24	Хвоя	-	-	0,10	0,36	0,86	1,69	2,92	4,65
	Ветви	-	-	1,09	2,94	6,33	11,85	20,13	31,86
	Ствол	-	-	74,99	128,2	194,2	272,8	363,5	466,2
	Итого	-	-	80,28	131,5	201,4	286,3	386,6	502,7
28	Хвоя	-	-	-	-	1,07	1,93	3,17	4,87
	Ветви	-	-	-	-	5,18	9,78	16,73	26,63
	Ствол	-	-	-	-	237,1	334,4	447,1	575,2
	Итого	-	-	-	-	243,4	346,1	467,0	606,7
Естественные лиственничники лесотундры, надпойменные террасы									
12	Хвоя	0,035	0,277	0,932	2,21	4,30	7,43	-	-
	Ветви	0,089	0,842	3,125	7,93	16,32	29,43	-	-
	Ствол	0,97	3,29	6,72	11,17	16,55	22,82	-	-
	Итого	1,094	4,41	10,78	21,30	37,17	59,68	-	-
16	Хвоя	0,020	0,17	0,60	1,44	2,86	5,01	8,05	12,13
	Ветви	0,05	0,51	1,97	5,11	10,73	19,65	32,77	51,05
	Ствол	6,30	22,00	45,72	76,84	114,9	159,7	210,9	268,4
	Итого	6,37	22,68	48,29	83,39	128,5	184,4	251,7	331,6
20	Хвоя	-	-	0,42	1,04	2,09	3,70	5,99	9,10
	Ветви	-	-	1,42	3,77	8,02	14,87	25,06	39,38
	Ствол	-	-	60,03	101,8	153,4	214,4	284,6	363,7
	Итого	-	-	61,88	106,6	163,5	233,0	315,7	412,2
24	Хвоя	-	-	0,32	0,79	1,61	2,88	4,70	7,19
	Ветви	-	-	1,09	2,94	6,33	11,85	20,13	31,86
	Ствол	-	-	74,99	128,2	194,2	272,8	363,5	466,2
	Итого	-	-	76,40	131,9	202,2	287,5	388,4	505,3
28	Хвоя	-	-	-	-	1,30	2,34	3,84	5,90
	Ветви	-	-	-	-	5,18	9,78	16,73	26,63
	Ствол	-	-	-	-	237,1	334,4	447,1	575,2
	Итого	-	-	-	-	243,6	346,5	467,7	607,7

Из цифровых данных таблицы 3.4 следует, что по сравнению с культурами Тургая фитомасса хвои и ветвей равновеликих деревьев лиственницы сибирской в лесотундре на мерзлоте и там же на надпойменных террасах меньше соответственно на 41 и 28 %. В разных экорегионах наблюдается пе-

пераспределение доли фитомассы различных фракций в общей надземной фитомассе деревьев. Доля хвои в надземной фитомассе равновеликих деревьев в культурах Тургая, на плакорах лесотундры и в пойме лесотундры составляет соответственно 2,3; 1,4 и 1,7%, а доля ветвей соответственно 8,1; 6,1 и 6,1%. Доля массы ствола в общей надземной составляет соответственно 89,6; 92,4 и 92,1%, однако абсолютные величины массы ствола по экорегионам у равновеликих деревьев остаются неизменными.

В уравнении Спурра (Prodan, 1965), широко применяемом в лесной таксации для оценки объема ствола, входит в качестве предиктора так называемый видовой цилиндр ( $D^2H$ ), или произведение квадрата диаметра на высоту ствола, которые представляют его основные массообразующие показатели.

Показатель ( $D^2H$ ) стал применяться в качестве интегральной независимой переменной при оценке массы не только ствола, но и кроны (вместо использования диаметра и высоты ствола раздельно) (Ogawa et al., 1965; Семечкина, 1978; Уткин, 1982), хотя каких-либо убедительных предпосылок для такого переноса нет. Казалось бы, упрощается схема расчета уравнения – вместо двухфакторной можно рассчитать парную связь, алгоритм которой позволяет обходиться даже без помощи компьютера (Семечкина, 1978; Тябе-ра, 1987). И.Б. Новик с соавторами (1986) называют это “приемом агрегирования” факторов. В таком случае уравнение (1.1) модифицируется к виду:

$$\ln Pi = a_0 + a_1 \ln(D^2H). \quad (3.6)$$

Слабая изменчивость полнодревесности ствола и учет ее параметрами зависимости (3.6) обусловил высокую адекватность уравнения при оценке объема и массы ствола: при одном и том же значении  $D^2$  масса ствола увеличивается прямо пропорционально его высоте (на рис. 3.5 цифры соответствуют условным уровням  $Pi$  и  $H$ , обозначаемым натуральными рядами чисел).

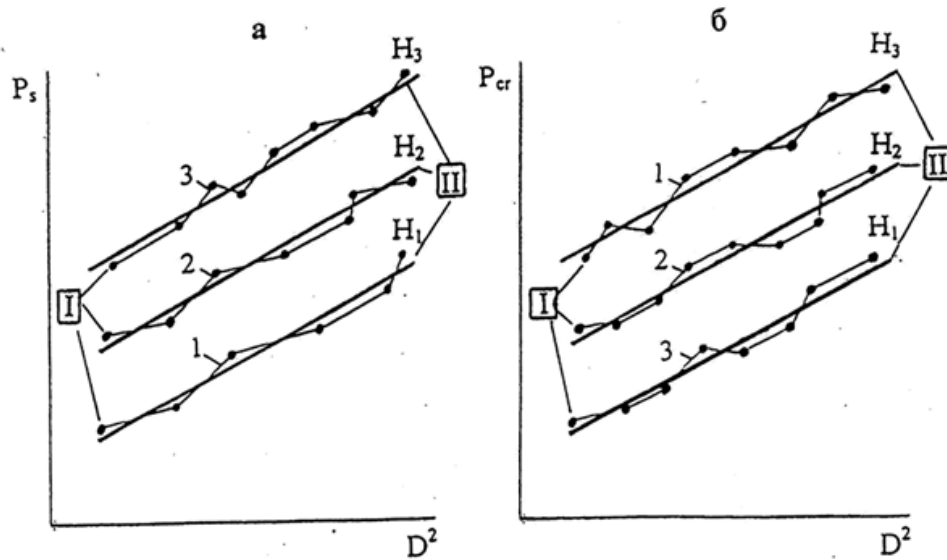


Рис. 3.5. Соотношение экспериментальных (I) данных массы ствола  $P_s$  (а) и кроны  $P_{cr}$  (б) и расчетных (II) по уравнению  $P_i = a_0 + a_1(D^2H)$  в зависимости от диаметра ствола  $D$  при разных уровнях  $H$ ; уровни фитомассы обозначены натуральными рядами чисел 1, 2 и 3, уровни высоты дерева в модели обозначены как  $H_1$ ,  $H_2$  и  $H_3$  (Усольцев, 2004).

В разделе 1.3.2 (табл. 1.1) было показано, что зависимость массы хвои и ветвей сосны обыкновенной по уравнению (1.2) или (1.12) описывается лучше, чем по (1.14) или (3.6): в первом случае  $R^2$  составил соответственно 0,758 и 0,870, а во втором 0,669 и 0,810 (Усольцев, 1988). Более того, подобная закономерность проявилась при оценке массы крон берёзы по совокупности 104 деревьев, сплошь вырубленных в 45-летнем древостое:  $R^2$  для массы листвы и ветвей в первом случае составил соответственно 0,939 и 0,924, а во втором 0,925 и 0,899 (Усольцев, 1985а). Почему так происходит?

В.А. Усольцевым (1985а, 2002, 2004) показано, что при одном и том же диаметре ствола масса кроны дерева с увеличением его высоты не возрастает подобно массе ствола, а напротив, снижается (рис. 3.5б). В совокупности древостоев разного возраста это объясняется сдвигом рангового положения дерева одного и того же диаметра с возрастом древостоя (табл. 3.5), а в совокупности древостоев разной производительности – бóльшим развитием ассимиляционного аппарата с ухудшением условий произрастания при одинаковой толщине деревьев (рис. 3.6).

Таблица 3.5

Масса облиственных побегов березы и осины в зависимости от диаметра ствола на высоте груди и возраста дерева (Усольцев, 1972)

Диаметр ствола, см	Фитомасса в свежем состоянии, кг					
	Береза			Осина		
	Возраст, лет			Возраст, лет		
	15	25	35	15	25	35
6	2,86	1,86	1,20	2,50	1,04	0,30
8	5,37	3,45	2,40	4,44	2,14	0,60
10	8,74	5,57	4,20	7,01	3,70	1,30
12	13,0	8,27	6,50	10,1	5,90	2,30
14	-	11,5	9,60	-	8,70	3,70
16	-	15,4	13,3	-	12,1	5,70
18	-	19,9	17,8	-	16,3	8,40
20	-	25,1	23,2	-	21,2	12,0
22	-	30,8	29,4	-	27,0	16,1
24	-	37,3	36,6	-	33,7	21,4
26	-	-	44,7	-	-	27,9

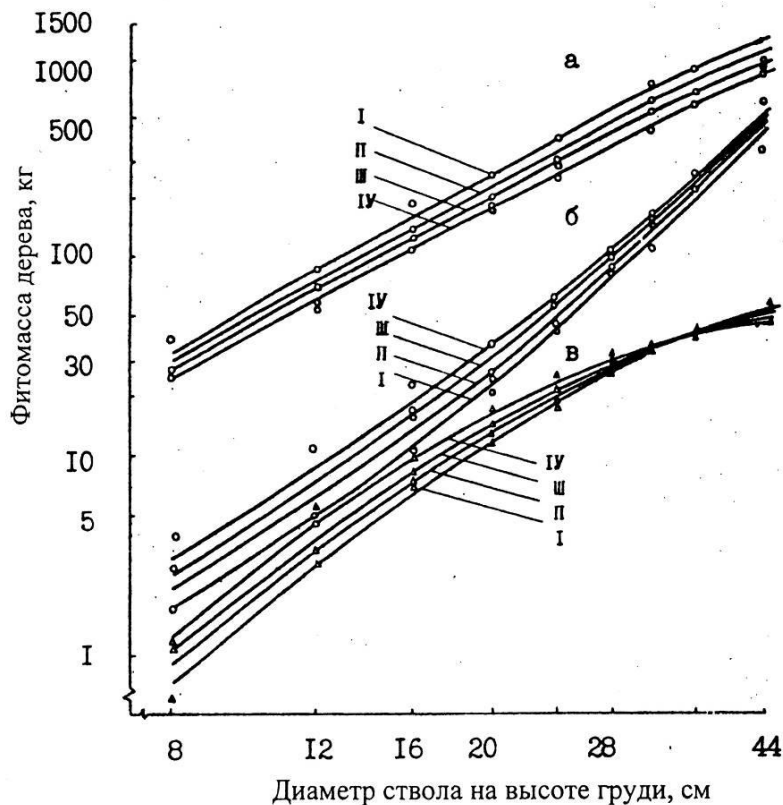


Рис. 3.6. Связь фитомассы осины с диаметром на высоте груди и разрядом высоты (I, II, III и IV) дерева; а — масса ствола; б — масса ветвей; в — масса облиственных побегов (Усольцев, 1985а).

Некорректность ситуации в данном случае аналогична показанной на рис. 3.3 и состоит в возможных смещениях на границах диапазона действия факторов (см. рис. 3.6б).

С целью проверить, подтверждается ли названная закономерность на наших материалах по фитомассе деревьев лиственницы в трёх экорегионах, рассчитаны уравнения

$$\ln Pi = a_0 + a_1 \ln(D^2 H) + a_2 X_1 + a_3 X_2, \quad (3.7)$$

характеристика которых дана в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Характеристика уравнений (3.7)

$\ln Pi$	Константы и независимые переменные				$R^2$	SE
	$a_0$	$a_1 \ln(D^2 H)$	$a_2 X_1$	$a_3 X_2$		
Уравнения фитомассы деревьев с кодированием их блоковыми фиктивными переменными						
$\ln(Pf)$	-5,2324	0,7376	-	-0,4581	0,858	0,51
$\ln(Pb)$	-4,9950	0,8458	0,3769	-0,2757	0,886	0,51
$\ln(Ps)$	-3,5607	0,9459	-	-	0,993	0,13
$\ln(Pa)$	-3,2633	0,9253	-	-	0,991	0,14

При оценке  $Pf$  по уравнению (3.7) значимость констант  $a_2$  составила, по Стьюденту, 0,89, что ниже табличного значения  $t_{05} = 2$ . Поэтому блоковая переменная  $X_1$  исключена при расчете уравнения для  $Pf$ . Точно так же при оценке  $Ps$  и  $Pa$  по уравнению (3.7) значимость констант  $a_2$  и  $a_3$  составила в пределах 0,18 до 1,83, что ниже табличного значения  $t_{05} = 2$ . Поэтому блоковые переменные исключены при расчете уравнений (3.7) для  $Ps$  и  $Pa$ .

Таким образом, масса ствола и надземная оцениваются с одинаковой точностью как двухфакторной моделью связи с диаметром и высотой ствола, так и парной зависимостью с видовым цилиндром. Но ошибка оценки массы хвой и ветвей в первом случае ниже соответственно на 25 и 31 % по сравнению со вторым, а  $R^2$  соответственно выше ( $0,914 > 0,858$  и  $0,945 > 0,886$ ). Поэтому нормативно-справочная таблица для подеревной оценки фитомассы в лиственничниках составлена по уравнениям (3.5), характеристика которых представлена в табл. 3.3 с учётом блоковых фиктивных переменных, дифференцирующих массу хвой и ветвей по трём экорегионам. Результаты анализа подеревной фитомассы лиственницы, представленные в табл. 3.4, подтвер-

ждают ранее установленные различия связи фитомассы кроны и ствола с высотой дерева при его одном и том же диаметре, а именно, увеличение массы ствола и снижение массы кроны.

В разделе 1.3.2 упомянут результат китайских исследователей (Hou et al., 2015) по оценке фитомассы ствола, хвои, ветвей и корней у деревьев лиственницы Принца Рупрехта (*Larix principis\_rupprechtii* Mayr.) в субтропическом поясе Китая (33°18' с.ш., 108°20' в.д., высота над ур. моря 1530–1610 м), т.е. на самом южном пределе произрастания рода *Larix*. Ими предложены уравнения:

$$\text{- для ствола} \quad \ln P_s = 0,9979 \ln(D^2 H) - 4,2925 \quad (3.8)$$

$$\text{- для коры} \quad \ln P_{bark} = 0,8040 \ln(D^2 H) - 4,5354 \quad (3.9)$$

$$\text{- для ветвей} \quad \ln P_b = 2,0460 \ln D - 2,5508 \quad (3.10)$$

$$\text{- для хвои} \quad \ln P_f = 1,9049 \ln D - 3,4470 \quad (3.11)$$

$$\text{- для корней} \quad \ln P_r = 2,1862 \ln D - 3,4624 \quad (3.12)$$

Непосредственно сравнить фитомассу лиственницы, произрастающей на крайнем севере, и лиственницы, произрастающей на крайнем юге, не представляется возможным, поскольку Л. Хоу с соавторами (Hou et al., 2015) опубликовали уравнения, но не исходные фактические данные фитомассы. Тем не менее, наличие уравнений (3.8)-(3.12) позволяет выполнить подобное сравнительное исследование. Для этого уравнения (3.8)-(3.12) для лиственницы Принца Рупрехта нами протабулированы по фактическим значениям высоты и диаметра модельных деревьев лиственницы Сукачёва в культурах (вариант 1, *Larix sukaczewii* N.Dyl., без массы корней), а также лиственницы на многолетней мерзлоте, произрастающей в Магаданской области (вариант 2, *Larix cajanderi*, с массой корней), и полученные результаты сопоставлены с фактическими данными фитомассы по вариантам 1 и 2.

Сравнение показало, что масса ствола равновеликих деревьев китайской лиственницы по сравнению с лиственницей в степных культурах меньше на 13%, а по сравнению с магаданской лиственницей больше в 3 раза.



Масса хвои и ветвей у китайской лиственницы по сравнению с лиственницей в степных культурах больше соответственно в 2,2 и 2,5 раза, а по сравнению с магаданской лиственницей больше в 8,8 и 4,8 раза. Масса корней у китайской лиственницы при одном и том же диаметре ствола по сравнению с магаданской лиственницей меньше на 66%. Все эти различия объясняются региональной спецификой морфоструктуры деревьев лиственницы (рис. 2.2 и 3.7).



Рис. 3.7. Лиственница Каяндера на Магадане (слева) и лиственница Принца Рупрехта в Центральном Китае (справа). Фото В. Рябкова.

### Выводы

1. Обобщенная (усредненная) оценка фракционной структуры фитомассы деревьев лиственницы по диаметру ствола и высоте дерева по сравнению с аналогичной локальной (региональной) оценкой увеличивает стандартную ошибку определения массы хвои на 18, ветвей - на 17%, что свидетельствует о необходимости составления местных нормативно-справочных таблиц подеревной фитомассы лиственницы.

2. Масса ствола и надземная оцениваются с одинаковой точностью, как двухфакторной моделью связи с диаметром и высотой ствола, так и парной зависимостью от видового цилиндра. Но ошибка оценки массы хвои и ветвей

в первом случае ниже соответственно на 25 и 31% по сравнению со вторым, а  $R^2$  соответственно выше ( $0,914 > 0,858$  и  $0,945 > 0,886$ ).

3. В разных экорегионах фракционная структура фитомассы равновеликих деревьев лиственницы различается, и долевое участие массы хвои, ветвей и стволов в общей надземной фитомассе равновеликих деревьев имеет региональную специфику.

4. Предложенные региональные таблицы для оценки фитомассы деревьев могут служить основой для определения фитомассы лиственничных древостоев в разных экорегионах.

### **3.3. Структура фитомассы деревьев лиственницы (кг) в географическом трансконтинентальном аспекте**

Для анализа географических закономерностей в изменении фитомассы деревьев лиственничных лесов по трансконтинентальным градиентам каждая пробная площадь, на которой было выполнено определение фитомассы деревьев, позиционирована по зональным поясам (от 1-го до 4-го) на карте-схеме Евразии (рис. 3.8) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт (рис. 3.9), рассчитанных по В. Ценкеру (Борисов, 1967). При этом умеренный пояс, выделенный Б.П. Алисовым и Б.В. Полтараусом (1974), разделен на северный и южный подпоясы, и линия раздела соответствует южному пределу таежной зоны, по Н.И. Базилевич и Л.Е. Родину (1967). Выбор градиента природной зональности вместо изотерм обусловлен тем, что карта-схема изотерм эффективных температур С. Тукканена (см. рис. 1.35) охватывает территорию Северной Евразии к северу от  $45^{\circ}$  с. ш. и не распространяется на всю Евразию, в частности, на территорию Китая и Японии, а имеющиеся соответствующие схемы изотерм для последних не состыковываются со схемой С. Тукканена.

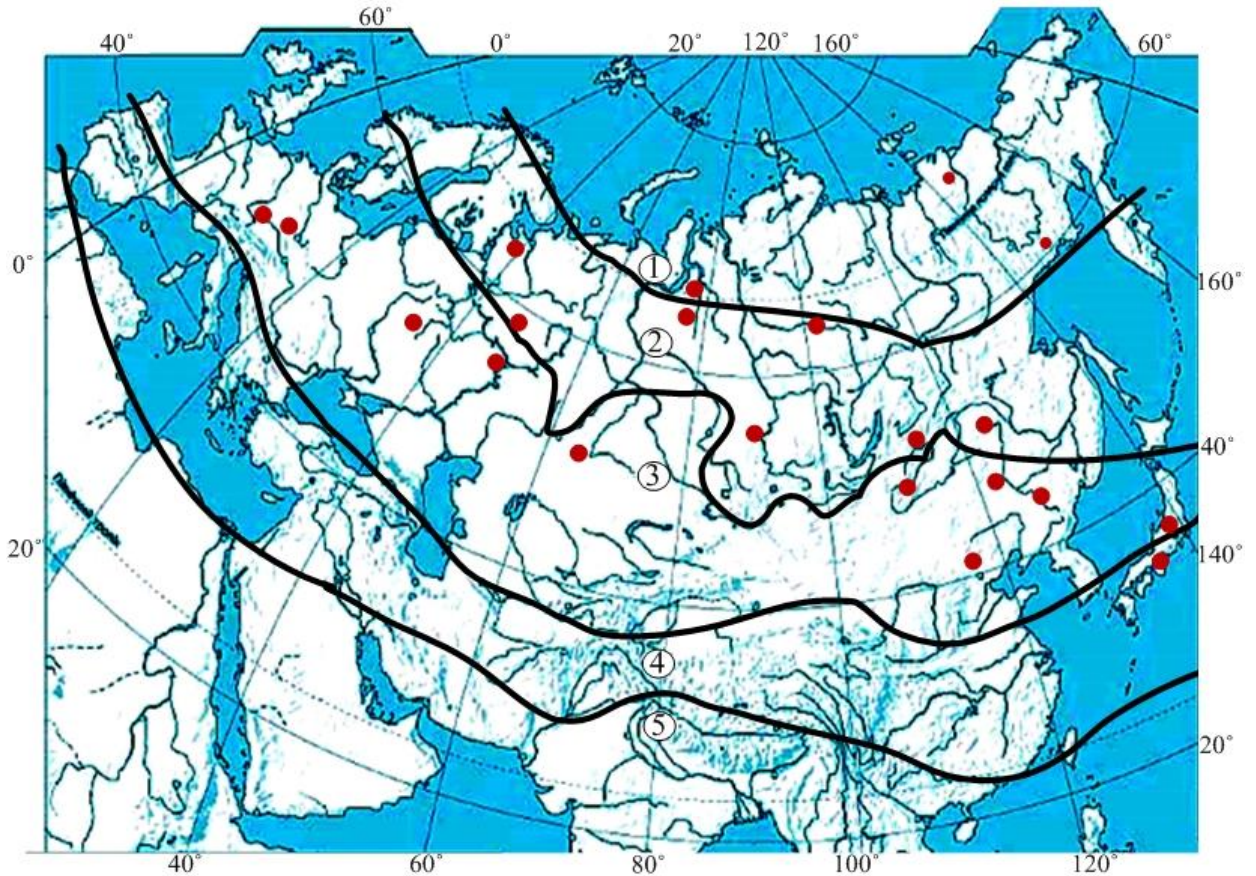


Рис. 3.8. Распределение пробных площадей, на которых определена фитомасса деревьев лиственницы, по зональным поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 – субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967).

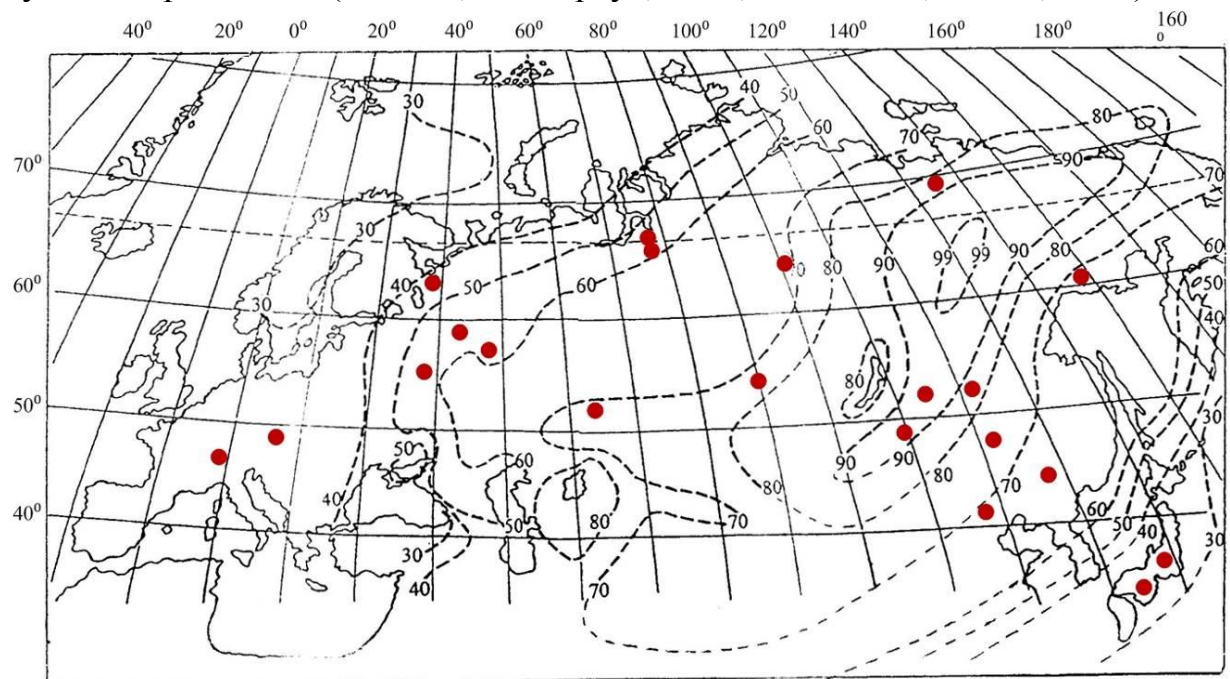


Рис. 3.9. Карта-схема изолиний континентальности климата Евразии, рассчитанных А.А. Борисовым (1967) по упрощенной формуле В. Ценкера с нанесенным положением пробных площадей, на которых выполнено определение фитомассы деревьев в лиственничных насаждениях.



Достаточно полная база данных о фитомассе деревьев в широком диапазоне лесорастительных условий дает возможность обобщения их биопродуктивности в глобальном масштабе. Обилие действующих факторов, зафиксированных в базе данных и определяющих биопродуктивность лесных экосистем, порождает проблему обеспечения корректности при экстраполяции эмпирических данных на тот или иной регион.

Лесоводственная информация обычно представлена многомерными массивами данных для оценки искомого параметра по совокупности известных параметров. При этом реализуется простейший вариант системного подхода – расчет эмпирической многофакторной регрессионной модели, вычлняющей основные определяющие факторы воздействия в системе и дающей количественную оценку их совокупного эффекта в виде результирующих искомым показателей.

На основе содержательного анализа многофакторного массива исходных (эмпирических) данных фитомассы деревьев предложена структурная форма следующей регрессионной модели:

$$\ln P_i = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln Vt, \ln (Zon), \ln (ICC)), \quad (3.8)$$

где  $P_i$  - фитомасса в абсолютно сухом состоянии стволов с корой, скелета ветвей, хвои, надземной части и корней (соответственно  $P_{st}$ ,  $P_{br}$ ,  $P_f$ ,  $P_a$  и  $P_r$ ), кг;  $Vt$  – объем ствола в коре,  $\text{дм}^3$ ;  $A$  – возраст дерева, лет;  $H$  – высота дерева, м;  $D$  – диаметр ствола на высоте груди, см;  $N$  – густота древостоя, деревьев/га;  $Zon$  – номер зонального пояса (см. рис. 3.8);  $ICC$  - индекс континентальности климата по Ценкеру-Борисову (см. рис. 3.9).

При исследовании сложных систем изолированные оценки редко дают адекватные результаты. Обычно взаимосвязи в лесной экосистеме эффективнее описываются с помощью не одной, а нескольких характеристик, которые частично или полностью взаимозависимы. При раздельном описании подоб-

ных зависимостей регрессионными уравнениями получаемые оценки характеристик не будут сбалансированными.

Математические зависимости, объединенные в единую логически непротиворечивую концепцию, образуют систему связанных (рекурсивных) уравнений, основным достоинством которой является внутренняя согласованность описываемых закономерностей (Furnival, Wilson, 1971). Они получили распространение в зарубежном лесоводстве при моделировании роста и прироста древостоев на основе совместимых уравнений, т. е. уравнений, связанных между собой по рекурсивному принципу (Clutter, 1963; Borders, Bailey, 1986). 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. Последнее уравнение цепочки - основное, а все предшествующие – вспомогательные (Усольцев, 2001).

Реализация рекурсивной системы уравнений представляет частный случай общего принципа параметрического прогнозирования (Лиёпа, 1980), когда сначала предсказываются массообразующие показатели дерева или древостоя, а затем по ним их фитомасса.

Известно, что продуктивность древесного ценоза определяется по соотношению его возраста и высоты. Поэтому в качестве базовой была принята зависимость  $H=f(A)$ . Рекурсивный принцип регрессионного моделирования обеспечивает последовательное накопление возрастных трендов массообразующих показателей и фитомассы деревьев по цепочке взаимозависимых уравнений, когда региональные различия предшествующей зависимости кумулятивно накладываются на предыдущий результат, и завершается последовательность зависимостью  $P_i = f(A, H, D, N, V_t, Zon, ICC)$ . Итоговая система уравнений имеет общий вид:

$$H=f(A, Zon, ICC) \rightarrow D=f(A, H, Zon, ICC) \rightarrow N=f(A, H, D, Zon, ICC) \rightarrow \\ \rightarrow V_t = f(A, H, D, N, Zon, ICC) \rightarrow P_i = f(A, H, D, N, V_t, Zon, ICC). \quad (3.9)$$

Все переменные подвергнуты логарифмической трансформации, поскольку без этой процедуры уравнения (3.8) и (3.9) на крайних значениях независимых переменных дают существенные искажения вследствие нелинейности исследуемых закономерностей (Usoltsev et al., 2014). Чтобы фракционный состав расчетных значений фитомассы деревьев был сбалансирован (в соответствии с принципом аддитивности), показатель  $P_i$  в уравнении (3.9) модифицирован: он соответствует лишь надземной фитомассе  $Pa$ , а остальные фракции представлены относительными величинами  $Pst/Pa$ ,  $Pbr/Pa$ ,  $Pf/Pa$  и  $Pr/Pa$ , выраженными в процентах к надземной фитомассе.

Результаты последовательного расчета констант уравнений (3.9) сведены в табл. 3.7, и их независимые переменные объясняют 55-99 % изменчивости массообразующих показателей фитомассы деревьев при уровне значимости каждой выше  $P_{95}$ . Соотношения между фактическими и расчетными значениями фитомассы разных фракций (рис. 3.10) свидетельствуют о достаточно хорошей аппроксимации фактических данных уравнениями (3.9) и об отсутствии корреляции остатков.

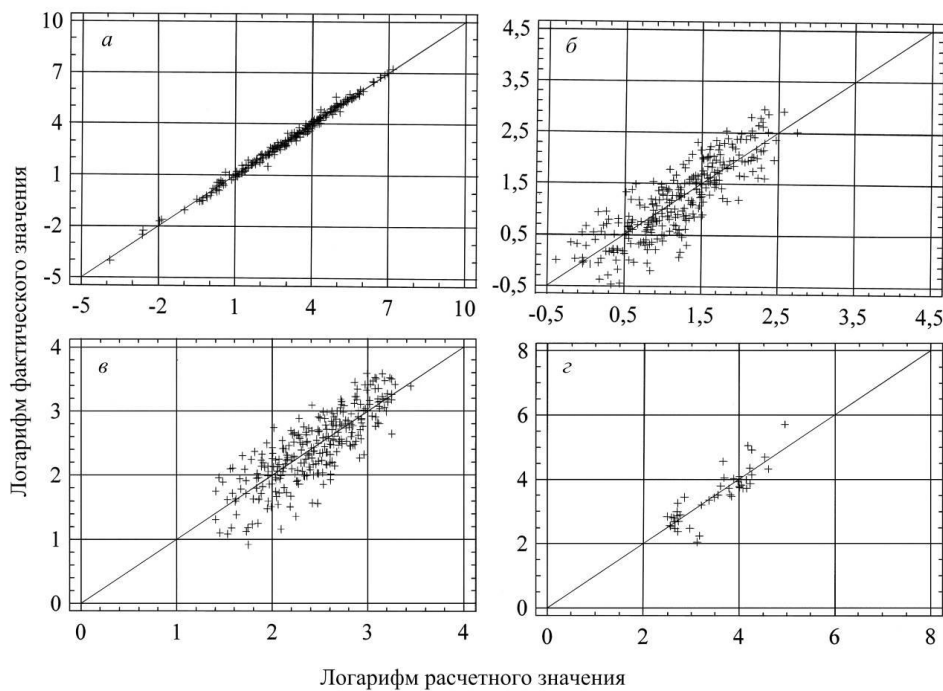


Рис. 3.10. Соотношение фактических и расчетных значений фитомассы деревьев лиственницы по фракционному составу: (а) надземной фитомассы, (б) доли хвои, %, (в) доли ветвей, %, (г) доли корней, согласно уравнениям (3.9)

## Характеристика уравнений (3.9)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные							
	$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln H)$	$a_4(\ln H)^2$	$a_5(\ln D)$	$a_6(\ln D)^2$	$a_7(\ln N)$
$\ln(H)$	-0,1297	1,5185	-0,1224	-	-	-	-	-
$\ln(D)$	-0,5653	-0,6299	0,0800	1,8984	-0,1319	-	-	-
$\ln(N)$	13,889	-5,1420	0,5120	1,7055	-0,6051	-	0,0837	-
$\ln(Vt)$	-2,6708	0,0736	-	1,0029	-	1,6330	-	-0,0400
$\ln(Pa)$	-0,0950	-0,0587	-	-0,3126	-	0,2197	-	-0,0496
$\ln((Pf/Pa)100)$	4,6114	-0,5047	-	-2,1497	-	-	-	-
$\ln((Pbr/Pa)100)$	9,5995	-1,5954	0,1251	-1,8927	-	0,4313	-	-0,1480
$\ln((Pst/Pa) 100)$	2,5836	0,2119	-0,0141	0,3787	-	-	-	0,2033
$\ln((Pr/Pa) 100)$	3,4426	-	-	-2,6444	-	-2,4823	-	-

Продолжение таблицы 3.7

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные					$R^{2*}$	SE*
	$a_8(\ln N)^2$	$a_9(\ln Vt)$	$a_{10}\ln(Zon)$	$a_{11}\ln(Zon)^2$	$a_{12}\ln(ICC)$		
$\ln(H)$	-	-	0,9083	-0,1302	-0,5053	0,547	0,37
$\ln(D)$	-	-	-1,0194	0,7572	0,1417	0,929	0,21
$\ln(N)$	-	-	3,3013	-2,3455	1,0099	0,790	0,60
$\ln(Vt)$	-	-	-	0,1718	0,0701	0,993	0,16
$\ln(Pa)$	-	0,9423	-0,1042	-	0,1629	0,993	0,15
$\ln((Pf/Pa)100)$	-	0,5074	-	-0,3781	0,4588	0,704	0,40
$\ln((Pbr/Pa)100)$	-	0,3096	-0,2822	-	0,1666	0,669	0,32
$\ln((Pst/Pa) 100)$	-0,0113	-0,0836	-	0,0307	-0,0586	0,651	0,07
$\ln((Pr/Pa) 100)$	-	1,6485	-1,6488	1,2409	1,4846	0,746	0,42

\*Здесь и далее  $R^2$  - коэффициент детерминации и SE – стандартная ошибка уравнения.

При фиксированном возрасте дерева его высота монотонно увеличивается в направлении с севера на юг и снижается в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности в Якутии (см. уравнения в табл. 3.7). Густота древостоев изменяется в направлении с севера на юг по колоколообразной кривой и монотонно возрастает в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности.

Масса всех фракций дерева монотонно увеличивается в направлении с севера на юг. На рис. 3.11 показано их изменение по зональным поясам для деревьев в возрасте 100 лет с учетом зональных различий деревьев по высоте, диаметру и объему ствола, а также по густоте древостоев.

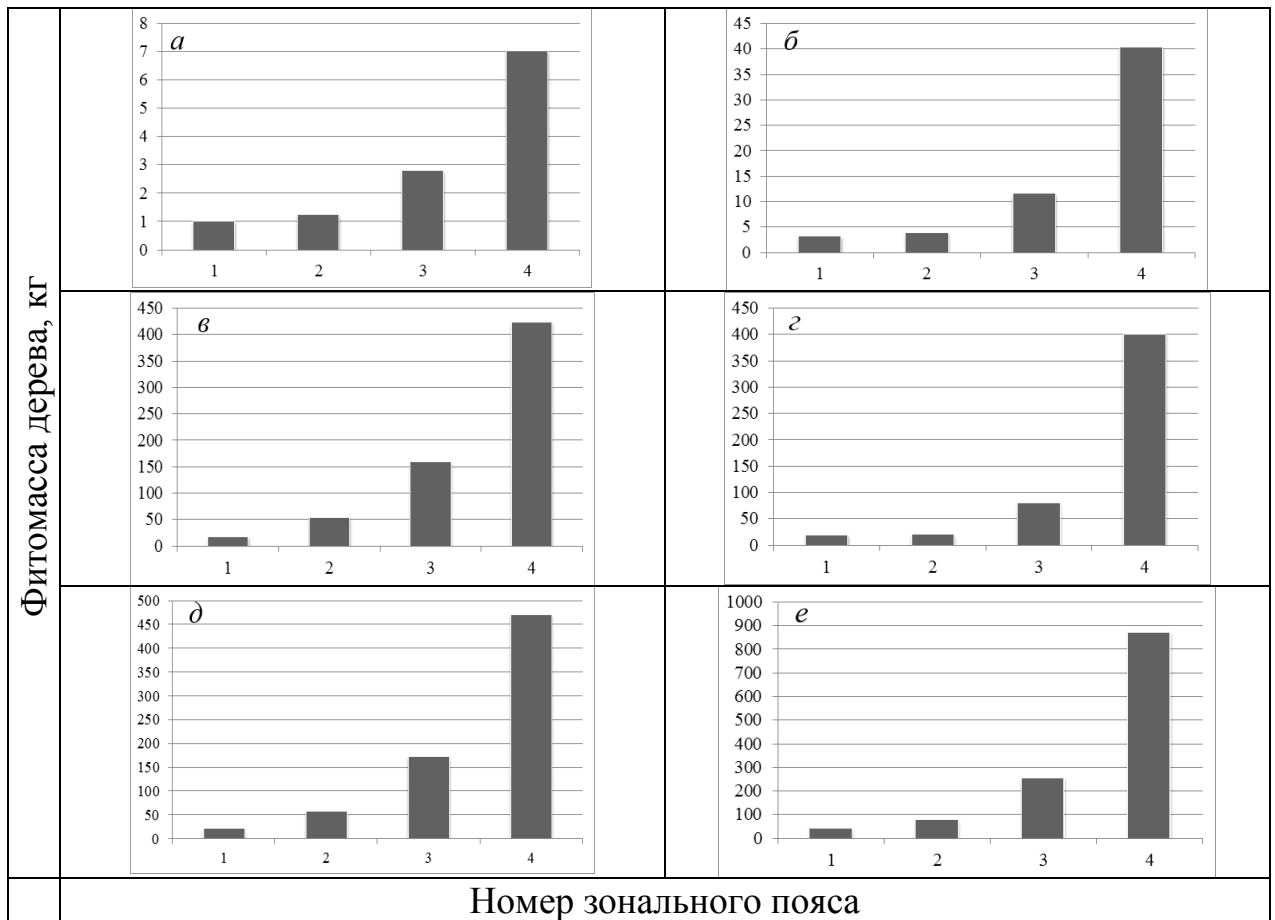


Рис. 3.11. Изменение расчетных показателей фитомассы деревьев лиственницы, кг: хвои (*a*), ветвей (*б*), стволов (*в*), корней (*г*), надземной (*д*) и общей (*е*) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по Ценкеру-Борисову, равном 75%

Динамика фитомассы 100-летних деревьев в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности различается по фракциям: мас-



са ветвей, ствола, надземной и общей монотонно снижается, масса корней в том же направлении увеличивается, а масса хвои изменяется по колоколообразной кривой (рис. 3.12).

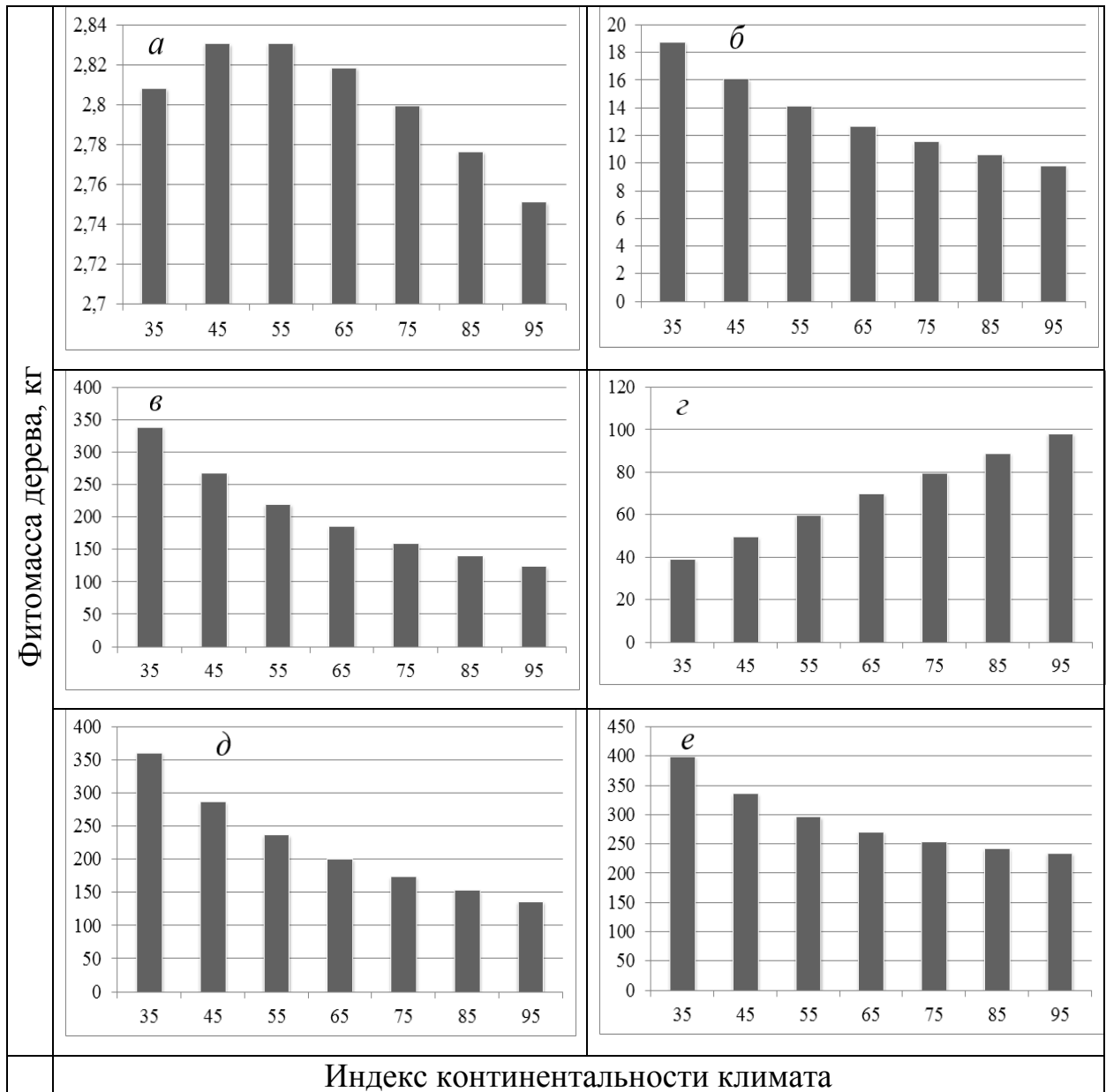


Рис. 3.12. Связь расчетных показателей фитомассы деревьев лиственницы (кг): хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по Ценкеру-Борисову, в южном умеренном климатическом поясе (номер 3 на рис. 3.8)

Таким образом, впервые установлены трансконтинентальные зависимости фракционного состава фитомассы деревьев лиственницы с учетом региональных различий деревьев по возрасту, высоте, диаметру и объему ствола, а также по густоте древостоев. Система полученных трансконтиненталь-

ных уравнений (3.9) даёт возможность ее регионального применения при оценке фитомассы лиственницы на 1 га на основе локальных данных перечёта деревьев на единице площади.

## ГЛАВА 4. ФИТОМАССА И ГОДИЧНАЯ ЧПП (т/га) ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНИРОВАНИЕМ ЕВРАЗИИ

### 4.1. Предварительный анализ биопродуктивности лиственничников (т/га) в пессимальных условиях трёх экорегионов

Из выше упомянутых «специфических характеристик» лиственницы важнейшей является специфика углеродного баланса, связанная со структурой фитомассы и ее первичной продукции в лиственничных экосистемах. Сопоставим названные показатели в пессимальных условиях их роста: на южном и северном пределах ареала лиственницы сибирской на территории Северной Евразии.

Южный предел названного ареала представлен нашими чистыми 40-41-летними культурами лиственницы Сукачёва (*Larix sukaczewii* N.Dyl.), произрастающей в условиях засушливой степи Тургайского прогиба (см. раздел 2.3). В качестве северного предела из литературных источников (Усольцев и др., 1999; Нагимов и др., 2013; Усольцев, 2015) нами привлечены материалы по лесотундре на многолетней мерзлоте: плакоры (67<sup>0</sup> с.ш. и 78<sup>0</sup> в.д.) и надпойменные террасы (66<sup>0</sup>30' с.ш. и 78<sup>0</sup> в.д.) бассейна р. 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 (рис. 4.1 - 4.3).

Экологически специфичный полярный пояс на северном пределе ареала лиственницы представляет особый интерес при исследовании ее биологической продуктивности. Леса и редколесья мерзлотной зоны отличаются от таежных лесов низкой продуктивностью древостоев, низкими запасами древесины и разреженным древесным пологом (Абаимов, 2004). В лесотундре лиственница тяготеет к рекам, ее ареал видоизменяется, и лиственничники по поймам и надпойменным террасам представляют собой экстразональные сообще-

ства. В нижнем течении р. Пур, где были заложены упомянутые 17 пробных площадей, сомкнутые лиственничные массивы довольно высокой производительности продвигаются по пойме почти до ее устья и встречаются вплоть до Самбурга, достигая северной границы лесотундры. Здесь лиственница составляет 33 % площади лесов.

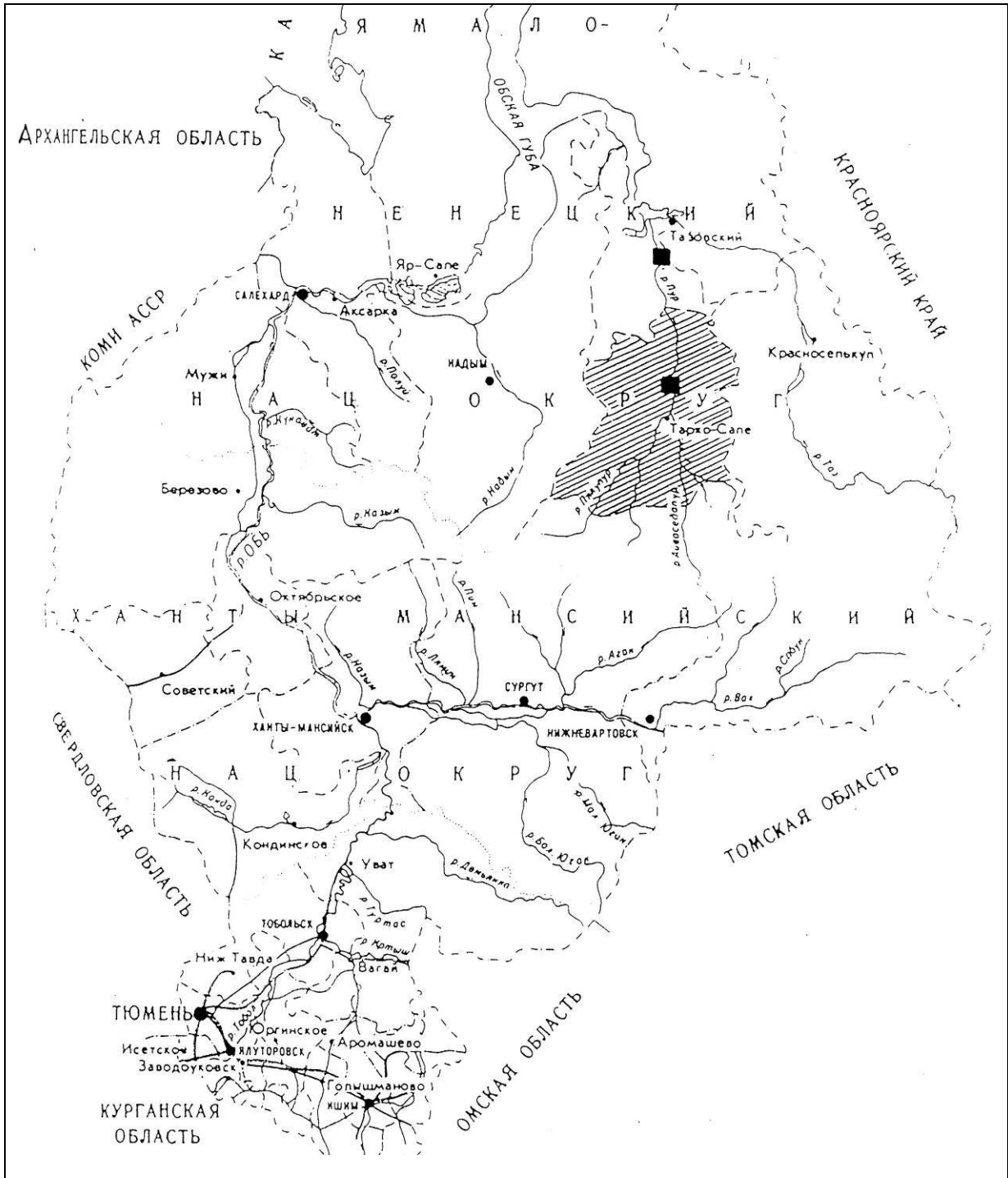


Рис. 4.1. Расположение мест закладки пробных площадей в лиственничниках низовий р. Пур (показаны квадратами).

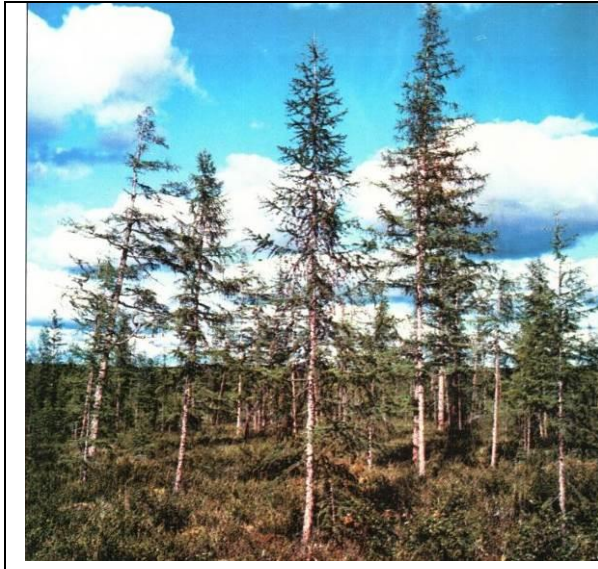


Рис. 4.2. Типичный «островок» 100-летней лиственницы сибирской в лесотундре на плакорах.

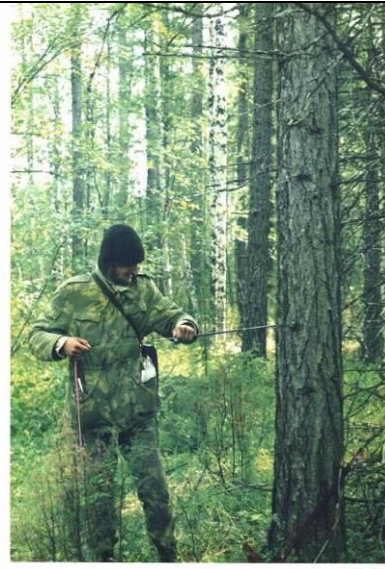


Рис. 4.3. Столетний лиственничник зеленомошно-ягодниковый в пойме р. Пур. Фото В.А. Усольцева.

При этом обращает на себя внимание резкое различие морфоструктуры древостоев на экотоне *лес-тундра* при переходе от пойменных лиственничников у уреза воды (см. рис. 4.3) к плакорным на многолетней мерзлоте (см. рис. 4.2). Если первые вследствие дренажа и теплового и твердого речного стока (Миронов, Агафонов, 1992) практически не отличаются от аналогичных древостоев таежной зоны, то вторые представлены исключительно низкобонитетными разреженными сообществами на мерзлотных грунтах с маломощным почвенным горизонтом. Поэтому эти два местообитания выделены соответственно как два экорегиона - на северном пределе; третий экорегион – в степи Тургайского пргиба.

По данным табл. 4.1 можно сделать предварительные выводы о некоторых особенностях биопродуктивности фитомассы лиственничников в названных экорегионах. В частности, в III классе возраста надземная фитомасса древостоев лиственницы в степи, в условиях крайнего дефицита влаги (годовое количество осадков около 250 мм) 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

Таблица 4.1

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

№ п/п	Тип леса и класс бони- тета	Состав	А, лет	N, экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га				
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>a</sub></i>
<b>ЗАПАДНОСИБИРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ.</b> Лесотундра, плакоры (Усольцев и др., 1999)												
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.</b> Лесотундра, пойменные террасы (Усольцев и др., 1999)												
Низовья р. Пур, р. Нгарка-Хадытояха, 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

№ п/п	Тип леса и класс бони- тета	Состав	А, лет	N, экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га				
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>a</sub></i>
<b>ТУРГАЙСКИЙ ПРОГИБ.</b> Сухая степь. 53 <sup>0</sup> с.ш., 64 <sup>0</sup> в.д. (наши, вновь полученные данные)												
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: *A* – возраст; *N* – густота; *D* и *H* – средние диаметр и высота; *M* – запас стволовой 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, хвои и надземная.

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. 4.2 и 4.3) 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. По надземной первичной продукции соответствующее различие почти 5-кратное (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Первичная продукция лиственницы на экотоне *лес-тундра*  
и в сухой степи

№	Возраст, лет	Запас, м <sup>3</sup> /га	Первичная продукция, т/га в год				
			Стволы	в т.ч. кора	Ветви	Хвоя	Всего
Лесотундра, плакоры (Усольцев и др., 2004)							
1	45	24,2	0,68	0,15	0,19	0,74	1,61
2	100	38,0	0,11	0,04	0,23	1,06	1,40
3	102	25,2	0,22	0,09	0,39	0,33	0,94
Лесотундра, пойма р. Пур (Усольцев и др., 2004)							
1	45	200	4,01	0,49	1,85	1,79	7,65
2	260	446	1,13	0,26	0,54	2,82	4,49
3	350	218	1,33	0,27	0,97	1,29	3,59
Степи Тургайского прогиба (наши вновь полученные данные)							
1	41	498	2,38	0,350	1,904	4,28	8,92
2	41	275	1,57	0,227	1,004	3,39	6,19
3	40	410	1,85	0,305	1,215	6,42	9,79
4	40	326	1,83	0,291	1,450	8,08	11,7
5	40	398	1,99	0,289	1,701	3,53	7,51
6	40	297	1,66	0,248	1,013	4,00	6,92
7	40	391	2,03	0,348	1,335	6,57	10,3
8	40	343	1,92	0,306	1,510	8,36	12,1
9	40	468	2,68	0,390	1,583	6,26	10,9
10	40	365	2,05	0,304	1,250	4,94	8,54

При близких густотах (1300–1700 деревьев на 1 га) 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. Но ЧПП стволовой древесины в пойменных условиях



лесотундры в 2 раза выше, чем в степных условиях, и в 6 раз выше, чем в лесотундре на плакоре. Фитомасса (ЧПП) хвои в пойменных условиях лесотундры в 3 раза ниже, чем в степных условиях, но в 2,4 раза выше, чем в лесотундре на плакоре (см. табл. 4.2).

Однако по структуре ЧПП разных фракций фитомассы пойменные и плакорные лиственничники близки: в первом случае доли стволов, хвои и ветвей составили 38, 40 и 22 %, а во втором – соответственно 30, 40 и 30 %; в культурах Тургая соотношение фракций несколько иное: там имеет место повышенная доля хвои в надземной ЧПП (25:55:20%), по сравнению с лесотундрой (см. табл. 4.2).

#### **4.2. Многофакторный анализ географии фитомассы и ЧПП 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.

По мере накопления экспериментальных данных о фитомассе насаждений были предприняты попытки выявления наиболее информативных факторов, определяющих биопродуктивность лесов, как абиотических, так и биотических. При анализе биотических факторов продуктивности лесов было показано, что наиболее информативными и биологически обусловленными из них являются возраст, средняя высота и плотность древостоя (O'Neill, DeAngelis, 1981).

Была предложена и многократно апробирована структурная форма регрессионной модели для оценки фитомассы насаждений (Усольцев, 2001, 2002, 2003, 2007):

$$\ln P_i = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M), \quad (4.1)$$

в которой 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). В уравнении (4.1) также:  $P_i$  - фитомасса в абсолютно сухом состоянии стволов с корой, коры стволов, скелета ветвей, хвои, корней и нижнего яруса растительности (соответственно  $P_S$ ,  $P_{SB}$ ,  $P_B$ ,  $P_F$ ,  $P_R$  и  $P_U$ ), т/га;  $M$  – запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>/га;  $A$  – возраст древостоя, лет;  $H$  – средняя высота деревьев, м.

Как было показано выше, рекурсивная система уравнений представлена в виде своеобразной «цепочки», в которой последнее уравнение - основное, а все предшествующие – вспомогательные. В нашей оценке запасов лесной фитомассы основным является уравнение (4.1), которое не может быть использовано как оценочное непосредственно, поскольку мы можем задать в нем только возраст  $A$ , а соответствующие этому возрасту характеристики морфоструктуры ( $D$ ,  $H$ ,  $N$ ) и запаса  $M$  древостоев остаются неизвестными. В зависимости от способа «подачи» этих неизвестных В.А. Усольцевым (2007) предложено несколько вариантов применения уравнений вида (4.1) по принципу «Что будет, если...?».

В частности, уравнение (4.1) совмещается с возрастными трендами массообразующих показателей и запасов стволовой древесины. Известно, что продуктивность древесного ценоза определяется по соотношению его возраста и высоты. Поэтому в качестве базовой была принята зависимость  $H=f(A)$ . Рекурсивный принцип регрессионного моделирования обеспечивает последовательное накопление возрастных трендов массообразующих показателей и запасов стволовой древесины по цепочке взаимозависимых уравнений (Усольцев, 2001):

$$\ln H = f(\ln A) \rightarrow \ln D = f(\ln A, \ln H) \rightarrow \ln N = f(\ln A, \ln H, \ln D) \rightarrow \ln M = f(\ln H, \ln D, \ln N). \quad (4.2)$$

Показанные в разделе 1.3.1 географические закономерности распределения фитомассы и ЧПП трех лесообразующих пород Евразии были выполнены с использованием двух разных методик ординации исходных данных. Первая включает 2-этапный алгоритм на основе блоковых фиктивных переменных (block dummy variables), применяемые в эконометрии (Дрейпер, Смит, 1973). Подобные переменные кодируют принадлежность локальных местообитаний к данному экорегиону. При использовании второй методики климатические характеристики местообитаний включаются непосредственно в многофакторные регрессии фитомассы и ЧПП, наряду с таксационными характеристиками древостоев. Названные два подхода реализованы нами при географическом анализе фитомассы и ЧПП лиственничников Евразии.

#### *4.2.1. Использование в регрессионных моделях блоковых фиктивных переменных (метод 1)*

Чтобы «гармонизировать», или согласовать между собой регрессионные модели биологической продуктивности насаждений разных экорегионов, мы объединяем их в систему с помощью блоковых фиктивных переменных (Дрейпер, Смит, 1973). Эта система дает возможность оценить степень «дистанцирования» показателей фитомассы и ЧПП насаждений по различным экорегионам. Распределение названных показателей в количестве 130 пробных площадей по 11 экорегионам было показано в табл. 2.7.

Для оценки региональных смещений в показателях биологической продуктивности лиственницы применена модификация регрессионных моделей (4.1) и (4.2). Все регионы нами закодированы блоковыми фиктивными переменными (табл. 4.3). Каждый блок переменных ( $X_0, \dots, X_{10}$ ), представляю-

ший группу пробных площадей, приходящуюся на данный регион, повторяется в исходной матрице экспериментальных данных столько раз, сколько имеется пробных площадей в регионе.

Таблица 4.3.

Схема кодирования массивов данных блоковыми фиктивными переменными

№	Регион и древесный вид	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	Тургайский прогиб (лиственница сибирская)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Центральная Европа (лиственница европейская)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Европейская территория РФ (лиственница Сукачёва)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Западная Сибирь, лесотундра (лиственница сибирская)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	Западная Сибирь, средняя тайга (лиственница сибирская)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	Средняя Сибирь, северная тайга (лиственница Гмелина)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	Средняя Сибирь, красноярская лесостепь (лиственница сибирская)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	Северо-Западный Китай (лиственница сибирская)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	Северо-Восточный Китай (лиственница Гмелина)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	Центральный Китай (лиственница Принца Рупрехта)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11	Япония (лиственница японская)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

За исходный (нулевой) может быть принят любой из 11 экорегионов, поскольку блоковые переменные в любом случае обеспечивают и описывают существующие межрегиональные смещения биопродуктивности древостоев. В данном случае принят уровень продуктивности лиственницы Тургайского прогиба, где были заложены наши пробные площади. Исходный уровень закодирован нулями для всех регионов (см. табл. 4.3). Каждый из остальных 10 регионов имеет в блоке одну единицу. Регрессионные модели представлены в виде системы

$$\ln M = a_0 + a_1 \ln A + a_2 X_1 + \dots + a_8 X_{10} \rightarrow$$

$$\rightarrow \begin{cases} \ln Pi = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln M + a_3 X_1 + \dots + a_9 X_{10}; \\ \ln Zi = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln M + a_3 X_1 + \dots + a_9 X_{10}, \end{cases} \quad (4.3)$$

где  $Z_i$  - годовичная ЧПП древостоев ( $Z_S, Z_B, Z_F$  - соответственно стволов, ветвей, хвои), кг;  $X_1, \dots, X_{10}$  - блоковые фиктивные переменные. Густота древостоев в системе уравнений (4.3) для запаса древостоев оказалась статистически не значимой на уровне  $t_{05}$  ( $t_{факт} = 1,6 < t_{05} = 2,0$ ) и была исключена из дальнейших расчетов.

В результате обработки фактических данных пробных площадей согласно структуре уравнений (4.3) получена их количественная характеристика (табл. 4.4).

Таблица 4.4.

Характеристика уравнений (4.3) для запаса ( $M$ ), фитомассы ( $P_i$ ) и годовичной ЧПП ( $Z_i$ ) древостоев

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные							
	$a_0$	$a_1 X_1$	$a_2 X_2$	$a_3 X_3$	$a_4 X_4$	$a_5 X_5$	$a_6 X_6$	$a_7 X_7$
Запас древостоев $M$								
$\ln M$	3,9450	-1,1374	-0,5453	-2,9128	-1,0594	-3,0442	-0,8509	-0,7221
	$a_8 X_8$	$a_9 X_9$	$a_{10} X_{10}$	$a_{11} \ln(A)$	$R^2$	SE		
$\ln M$	-1,1885	-0,9087	-0,3180	0,5337	0,741	0,40		
Фитомасса древостоев $P_i$								
	$a_0$	$a_1 X_1$	$a_2 X_2$	$a_3 X_3$	$a_4 X_4$	$a_5 X_5$	$a_6 X_6$	$a_7 X_7$
$\ln(P_S)$	-0,7237	0,1295	0,1458	0,1341	0,2140	0,2666	0,0980	0,0804
$\ln(P_B)$	-2,1315	0,7431	0,4838	0,4736	0,0741	0,6052	-0,0165	0,3883
$\ln(P_F)$	-2,6748	0,0888	0,1290	0,2506	-0,4610	0,6645	-0,0165	0,6636
	$a_8 X_8$	$a_9 X_9$	$a_{10} X_{10}$	$a_{11} \ln(A)$	$a_{12} \ln(M)$	$R^2$	SE	
$\ln(P_S)$	0,1728	0,0294	-0,0590	-0,0571	1,0117	0,963	0,15	
$\ln(P_B)$	0,2114	0,1175	0,2267	-0,1844	0,9587	0,831	0,31	
$\ln(P_F)$	0,4226	0,0836	0,2485	-0,2139	0,8662	0,807	0,31	
Годичный прирост фитомассы древостоев $Z_i^*$								
	$a_0$	$a_1 X_1$	$a_2 X_2$	$a_3 X_3$	$a_4 X_4$	$a_5 X_5$	$a_6 X_6$	$a_7 X_7$
$\ln(Z_S)$	-1,1508	0,8817	1,0961	0,8895	1,5250	1,3128	1,1303	0,6444
$\ln(Z_B)$	-0,2136	1,7692	0,4660	-0,3508	0,4710	-1,1067	-0,2060	-1,5664
$\ln(Z_F)$	-2,6612	0,1160	0,1304	0,3770	-0,3748	0,0853	-0,0147	0,5987
	$a_8 X_8$	$a_9 X_9$	$a_{10} X_{10}$	$a_{11} \ln(A)$	$a_{12} \ln(M)$	$R^2$	SE	
$\ln(Z_S)$	1,4055	1,7644	1,2378	-0,9519	0,9036	0,883	0,35	
$\ln(Z_B)$	-0,7832	-0,5227	0,9346	-0,4846	0,3918	0,891	0,34	
$\ln(Z_F)$	0,4498	0,0923	0,2249	-0,2753	0,9041	0,850	0,30	

\* В некоторых регионах лиственница произрастает совместно с другими хвойными породами, и в таких случаях  $Z_F \neq P_F$ .

При расчете системы уравнений (4.3), включающей 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. 4.3). В табл. 4.3 из констант при показателях  $A$ ,  $D$ ,  $H$ ,  $N$ ,  $M$  приведены лишь значимые на уровне не ниже  $t_{05}$ . И напротив, при блоковых фиктивных переменных показаны все константы независимо от уровня их значимости, поскольку цель расчета последних состоит не столько в выявлении достоверности отличия данного региона от исходного, сколько – в упорядочении и ранжировании всех регионов по исследуемому показателю. В этом случае статистическая значимость названных переменных, как и свободного члена уравнения, не играет роли, а отсев малозначимых блоковых переменных означал бы игнорирование принципа непрерывности при моделировании экологических явлений (Нильсон, 1978).

Использование блоковых фиктивных переменных обеспечивает согласованный (без пересечений) ход возрастных трендов фитомассы и в конечном итоге – их унификацию, или “гармонизацию” (термин см.: Jacobs, Cunia, 1980) по зональному и провинциальному (термин см.: Курнаев, 1973) градиентам. Правда, в отличие от местных таблиц хода роста древостоев, при этом игнорируются некоторые региональные особенности возрастных трендов, но зато появляется возможность сопоставления запасов фитомассы насаждений заданного возраста хотя бы в первом приближении.

Приведенные в табл. 4.4 переменные объясняют 81-99 % изменчивости фитомассы и ее годичной продукции. Несколько ниже ( $R^2 = 0,741$ ) оказалась связь запаса стволовой древесины с возрастом древостоя. Тем не менее, регрессионные коэффициенты при всех независимых переменных статистически значимы на уровне вероятности  $P_{95}$  и выше.

Количественную характеристику региональных различий биологической продуктивности лиственничников дает табл. 4.5, полученная путем по-

следовательного табулирования (последовательность показана стрелкой) уравнений (4.3) по задаваемым значениям возраста, равного 40 годам, запаса древостоя и блоковых фиктивных переменных (см. табл. 4.4). Возраст 40 лет в данном случае принят исходя из того, что наши пробные площади в Тургайском прогибе заложены в 40-летних лиственничных культурах. Но выбор возраста никак не влияет на географические закономерности при выбранных определяющих факторах, поскольку, как уже отмечалось, все региональные тренды изменяются синхронно.

Таблица 4.5.

Расчетные показатели фитомассы и годичной продукции 40-летних лиственничников в разных экорегионах (обозначения см. в тексте)

№ региона (см. табл. 4.3)	$M$	Фитомасса, т/га				Годичная продукция, т/га			
		$P_S$	$P_B$	$P_F$	Итого	$Z_S$	$Z_B$	$Z_F$	Итого
1	370	156	17,4	5,31	178,5	1,98	1,37	5,31	8,66
2	119	56	12,3	2,13	70,55	1,71	5,15	2,13	8,99
3	215	104	16,8	3,70	124,3	3,62	1,76	3,70	9,08
4	20	9,4	1,71	0,56	11,62	0,35	0,31	0,56	1,21
5	128	66	6,80	1,40	74,27	3,49	1,45	1,40	6,34
6	18	9,4	1,72	0,37	11,44	0,47	0,14	0,37	0,98
7	158	73	7,58	2,12	82,36	2,84	0,80	2,12	5,76
8	180	81	12,9	5,03	99,20	1,96	0,22	5,03	7,21
9	113	56	6,89	2,84	65,37	2,76	0,39	2,84	5,99
10	149	64	8,20	2,56	74,74	5,08	0,57	2,56	8,21
11	269	106	16,1	4,99	127,6	5,12	3,08	4,99	13,2

Предыдущими исследованиями ЧПП лиственничников Северной Евразии (Usoltsev et al., 2002) на материалах 17 пробных площадей было установлена статистически значимая обратная связь общей и надземной ЧПП с индексом континентальности, по С.П. Хромову. Обратная связь фитомассы лиственничников с географической широтой была показана в совместной работе китайских и японских исследователей (Shi et al., 2010), согласно которой в диапазоне широт от 47 до 62° фитомасса снижается в 3,4 раза.

С учетом сказанного, значения надземной годичной ЧПП (как суммы ЧПП стволов, ветвей и хвои) и годичной продукции хвои (см. табл. 4.5) мы соотнесли с четырьмя соответствующими климатическими (зональными) поясами (субарктический, северный умеренный, южный умеренный и субтропический), закодированными порядковыми номерами 1, 2, 3 и 4 (см. рис. 1.37), а также с индексами континентальности территории Евразии по В. Ценкеру (Борисов, 1967) (см. рис. 1.32), путем нанесения координат каждой пробной площади на упомянутые карты-схемы. С помощью регрессионного анализа получены уравнения:

$$\ln(Z_A) = 3,5533 + 1,3317(\ln Zon) - 1,6037(\ln Zon)^2 - 0,5227(\ln ICC); R^2=0,321, \quad (4.4)$$

$$\ln(Z_F) = -3,7078 + 10,5875(\ln Zon) - 4,3832(\ln Zon)^2 - 0,2540(\ln ICC); R^2=0,953, \quad (4.5)$$

где  $Z_A$  – годичная надземная ЧПП, т/га;  $Z_F$  – годичная ЧПП (масса) хвои, т/га;  $Zon$  – номер зонального пояса: 1, 2, 3 и 4, соответственно субарктический, северный умеренный, южный умеренный и субтропический;  $ICC$  – индекс континентальности климата по В. Ценкеру, %. Геометрическая интерпретация уравнений (4.4) и (4.5) представлена на рис. 4.4.

#### Выводы

1. Как по годичной ЧПП, так и по фитомассе, лиственничники Евразии имеют существенные региональные различия, которые в значительной степени определяются особенностями климата.

2. Годичная ЧПП лиственницы, как всей надземной, так и хвои, многократно возрастает в направлении от субарктического зонального пояса к субтропическому.

3. В пределах одного зонального пояса надземная ЧПП и ЧПП хвои снижается в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности в Якутии.



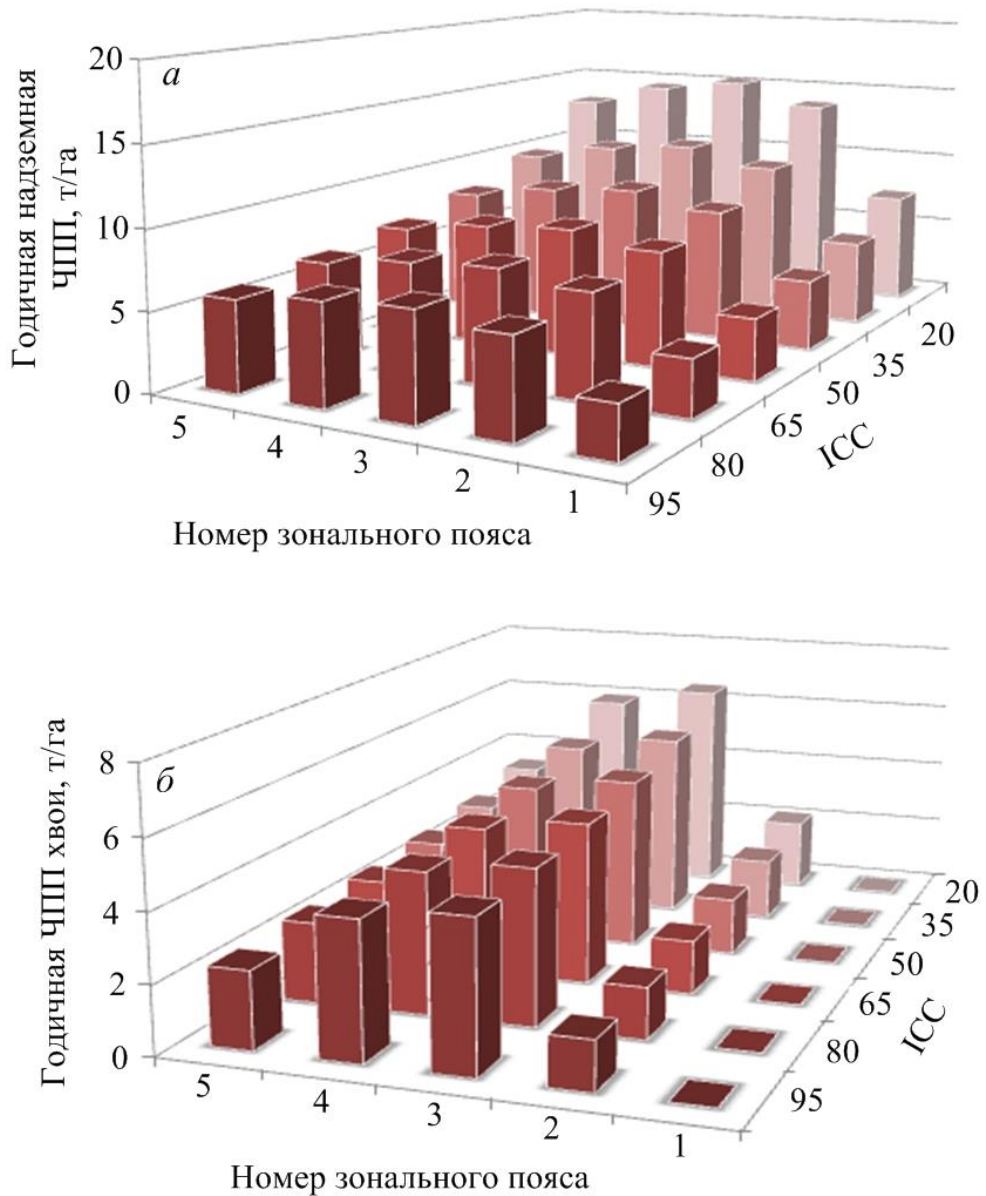


Рис. 4.4. Зависимость годичной надземной ЧПП (а) и годичной ЧПП хвои (б) в лиственничниках Евразии от индекса континентальности климата и зонального (климатического) пояса.

#### 4.2.2. Прямое использование в регрессионных моделях климатических факторов (метод 2)

Как уже отмечалось, история исследований биологической продуктивности лесов складывалась таким образом, что получили преимущественное распространение работы по закладке пробных площадей и оценке на них только фитомассы, причем в большей степени – надземной и в меньшей степени – подземной. Поэтому данные о фитомассе лиственничников Евразии, с

одной стороны, и их ЧПП и фитомассе - с другой, представлены разным количеством пробных площадей: в последнем случае массив исходных данных почти в 5 раз меньше, чем аналогичный массив с определениями только фитомассы (см. табл. 2.6 и 2.7).

В настоящем разделе в примененную в разделе 4.2.1 методику географического анализа биологической продуктивности лиственничников внесены две модификации. Первая модификация связана с изменением алгоритма расчетов. Ранее использовались многофакторные уравнения, включающие в качестве регрессоров, кроме основных таксационных показателей древостоев, блоковые фиктивные переменные. Каждый экорегион кодировался соответствующим блоком фиктивных переменных, и система на первом этапе расчетов давала возможность количественно оценить степень “дистанцирования” по различным экорегионам показателей фитомассы насаждений, приведенных к сопоставимому виду.

На втором этапе для полученных региональных значений фитомассы заданного возраста рассчитывались их 2-факторные зависимости от климатически обусловленных параметров (Усольцев, 2001, 2003, 2007, Усольцев и др., 2014). Согласно этому методу рассчитывалась система уравнений (4.3), и затем результаты их табулирования по экорегионам можно было соотносить с любыми климатообусловленными факторами. Подобный подход предполагал наличие полных данных по всему фракционному составу в каждом экорегионе, а поскольку пробных площадей с определениями только надземной фитомассы 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 характеристики природной зональности и континентальности климата.

Вторая модификация связана с расширением исходной базы фактических данных, поскольку ранее использовались данные только тех пробных площадей, на которых определены и фитомасса, и ЧПП (Усольцев, 2007, 2013; Усольцев и др., 2014). Это было вызвано тем, что при 5-6-кратной разнице в двух упомянутых массивах данных невозможно обеспечить для них одинаковые схемы блоковых фиктивных переменных.

Представляется более правомерным для получения надежных результатов использовать оба массива данных: географию стволового запаса и фитомассы насаждений исследовать по данным 540 пробных площадей, а географию ЧПП, значения которой получены на 130 пробных площадях, устанавливать в сопряжении с географией фитомассы и совмещать те и другие результаты по рекурсивному принципу (Clutter, 1963; Borders, Bailey, 1986).

С целью выявления географических закономерностей в изменении биопродуктивности лиственных 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. 4.5) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт (рис. 4.6), рассчитанных по В. Ценкеру.

По первому массиву исходных данных в количестве 540 определений выполнен многофакторный регрессионный анализ географической ординации запаса стволовой древесины и фитомассы лиственных насаждений согласно рекурсивной системе уравнений (стрелкой показана последовательность расчетов):

$$N = f(A, Zon, ICC) \rightarrow M = f(A, N, Zon, ICC) \rightarrow P_i = f(A, N, M, Zon, ICC), \quad (4.6)$$

обозначения в которой те же, что в уравнении (4.1). В показатели  $P_A$  и  $P_T$  входит только фитомасса древостоя (без нижнего яруса). Посредством регрессионного анализа получена характеристика системы уравнений (4.6),

приведенная в табл. 4.6. В уравнениях здесь и далее оставляются лишь переменные, значимые на уровне  $P_{95}$ .

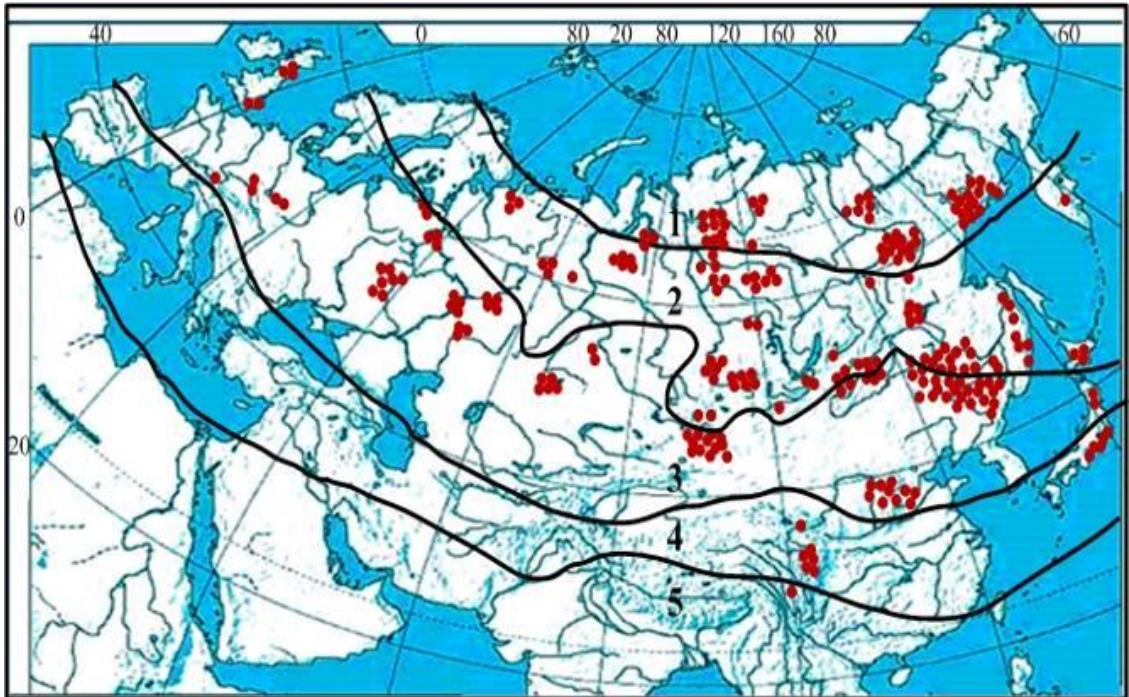


Рис. 4.5. Распределение пробных площадей, на которых определена фитомасса лиственничников, по зональным поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 - субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967).

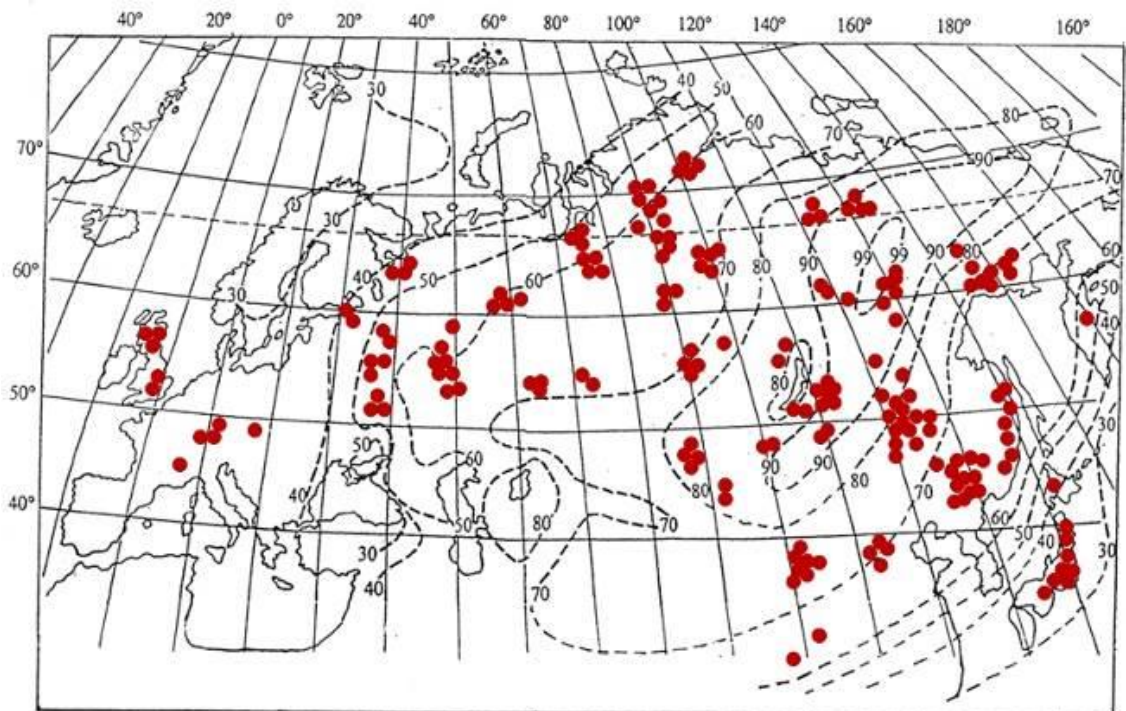


Рис. 4.6. Карта-схема изолиний континентальности климата Евразии, рассчитанных А.А. Борисовым (1967) по упрощенной формуле В. Ценкера с нанесенным положением пробных площадей, на которых выполнено определение фитомассы лиственничных насаждений.

Таблица 4.6

## Характеристика системы уравнений (4.6)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные уравнений (4.6)					
	$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln N)$	$a_4(\ln N)^2$	$a_5(\ln M)$
$\ln(N)$	3,7817	-1,7388	0,0899	-	-	-
$\ln(M)$	-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
Продолжение таблицы 4.6						
	$a_6 \ln(Zon)$	$a_7 (\ln Zon)^2$	$a_8 \ln(ICC)$	$R^2$	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. 4.6, получены возрастные тренды искомых величин для каждого зонального пояса и в пределах его – для индексов континентальности климата территории в пределах от 35 до 95 %. С расчетных возрастных трендов взяты значения фитомассы некоторых 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. 4.7-4.10).

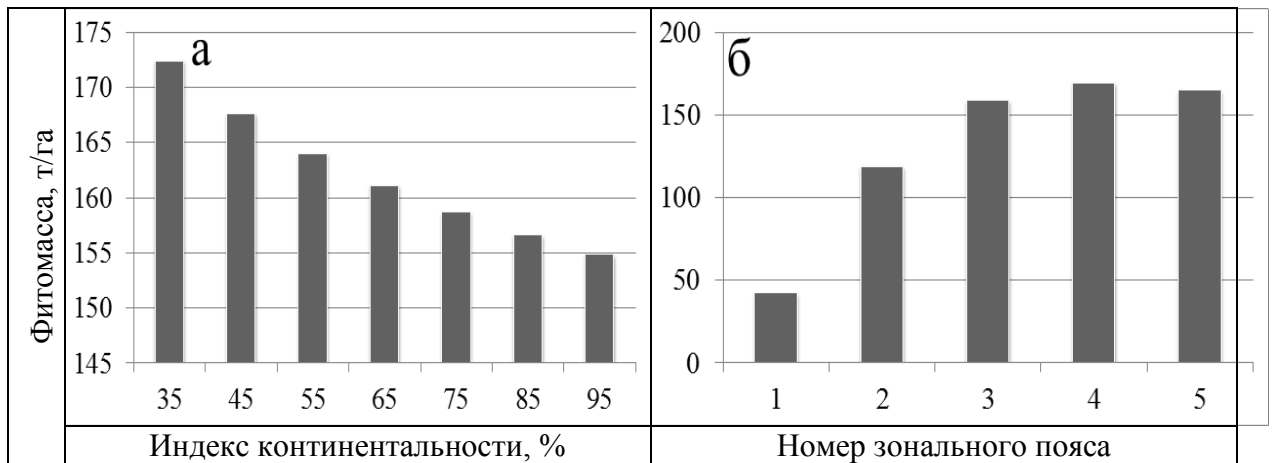


Рис. 4.7. Связь расчетных показателей надземной фитомассы древостоев в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (а) и с зональной принадлежностью лиственничников при индексе континентальности климата, равном 75% (б).

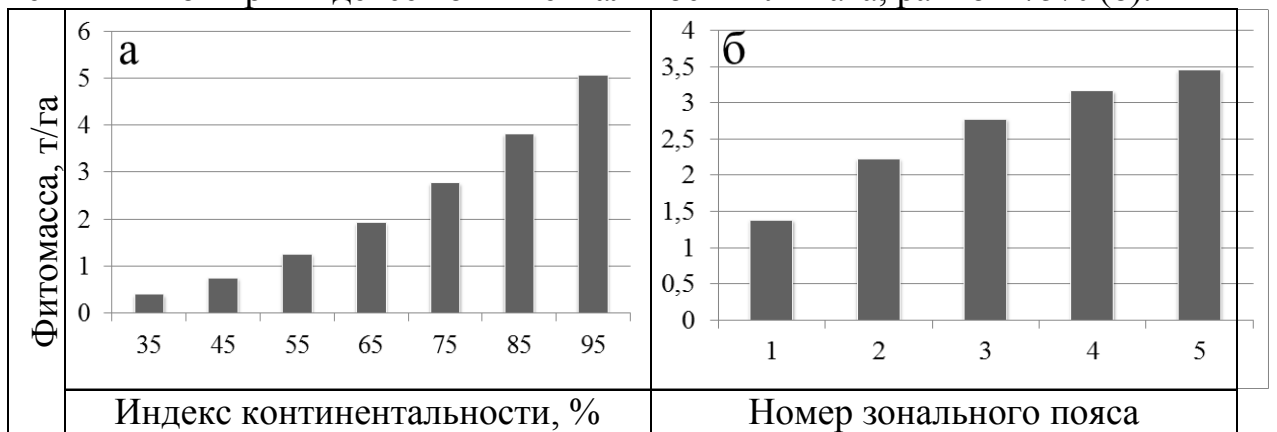


Рис. 4.8. Связь расчетных показателей фитомассы нижнего яруса в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (а) и с зональной принадлежностью лиственничников при индексе континентальности климата территории, равном 75% (б).

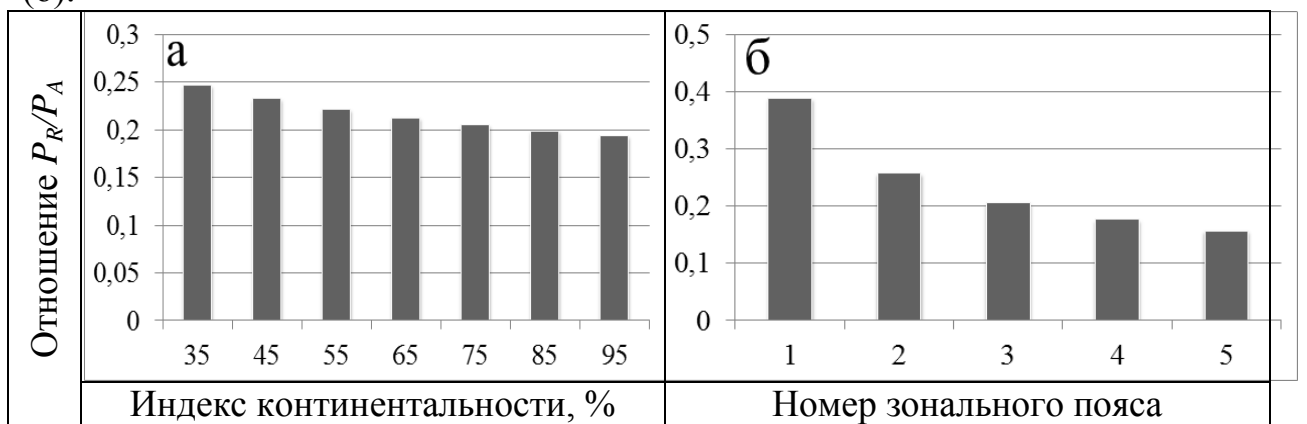


Рис. 4.9. Изменение отношения  $P_R/P_A$  в 100-летних лиственничниках в связи с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (а) и с номером зонального пояса при индексе континентальности, по В. Ценкеру, равном 75% (б).



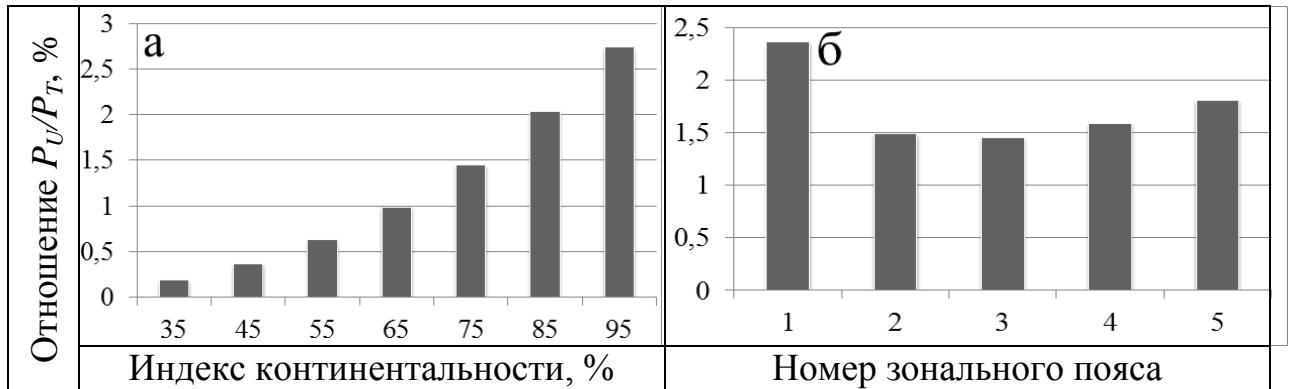


Рис. 4.10. Изменение отношения  $P_U/P_T$  в 100-летних лиственничниках в связи с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (а) и с номером зонального пояса при индексе континентальности, по В. Ценкеру, равном 75% (б).

Аналогичным образом пробные площади с определениями ЧПП и фитомассы (см. таблицу 2.7) позиционированы по зональным поясам и индексам континентальности и рассчитаны регрессионные уравнения:

$$\ln Z_i = f(A, N, P_i, Zon, ICC), \quad (4.7)$$

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, хвои, корней, надземной, общей и нижнего яруса) лиственничных насаждений, т/га в год. Посредством регрессионного анализа получена характеристика системы уравнений (4.7), приведенная в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Характеристика уравнений (4.7)

Зависимые переменные	Константы и независимые переменные							
	$a_0$	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln N)$	$a_4(\ln P_S)$	$a_5(\ln P_B)$	$a_6(\ln P_F)$	$a_7(\ln P_R)$
$\ln(Z_S)$	2,8322	-0,7511	-	-0,1602	0,4731	-	-	-
$\ln(Z_B)$	8,4230	-0,8319	-	-0,1229	-	0,8542	-	-
$\ln(Z_F)$	0,3430	-0,0345	-	-	-	-	0,9396	-
$\ln(Z_R)$	7,2669	3,4610	-0,4789	0,1940	-	-	-	0,3233
$\ln(Z_A)$	0,3498	-0,5310	-	-	-	-	-	-
$\ln(Z_T)$	1,0205	-0,4769	-	-	-	-	-	-
$\ln(Z_U)$	-1,9724	0,3428	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 4.7

	$a_8(\ln P_A)$	$a_9(\ln P_T)$	$a_{10}(\ln P_U)$	$a_{11} \ln (Zon)$	$a_{12}(\ln Zon)^2$	$\frac{a_{13}}{\ln (ICC)}$	$R^2$	SE
$\ln (Z_S)$	-	-	-	1,8144	-1,1288	-0,3845	0,692	0,45
$\ln (Z_B)$	-	-	-	0,8083	-0,7370	-1,8436	0,825	0,48
$\ln (Z_F)$	-	-	-	0,1020	-0,0537	-0,0499	0,966	0,14
$\ln (Z_R)$	-	-	-	-0,4746	-	-3,1973	0,707	0,40
$\ln (Z_A)$	0,8202	-	-	0,4532	-0,2892	-0,0432	0,842	0,33
$\ln (Z_T)$	-	0,7438	-	0,4425	-0,2729	-0,1671	0,793	0,28
$\ln (Z_U)$	-	-	0,2360	0,3515	-	0,0298	0,578	0,34

Путем последовательного табулирования уравнений, приведенных в таблице 4,7, по задаваемым значениям  $A, N, Zon, ICC$  и расчетным значениям  $P_i$ , взятым из табличной модификации системы уравнений (4.6), получены возрастные тренды ЧПП для каждого зонального пояса и в пределах его – для индексов континентальности климата территории в пределах от 35 до 95 %. С расчетных возрастных трендов взяты значения ЧПП некоторых фракций в возрасте 100 лет и построены графики ее 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. 4.11-4.14).

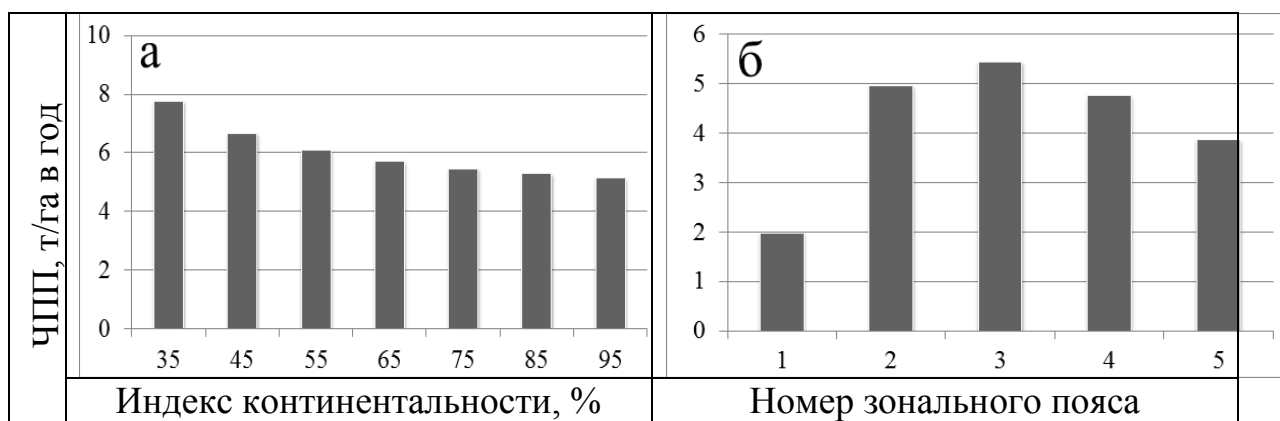


Рис. 4.11. Связь расчетных показателей надземной ЧПП в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (а) и с зональной принадлежностью лиственничников при индексе континентальности климата, равном 75% (б).



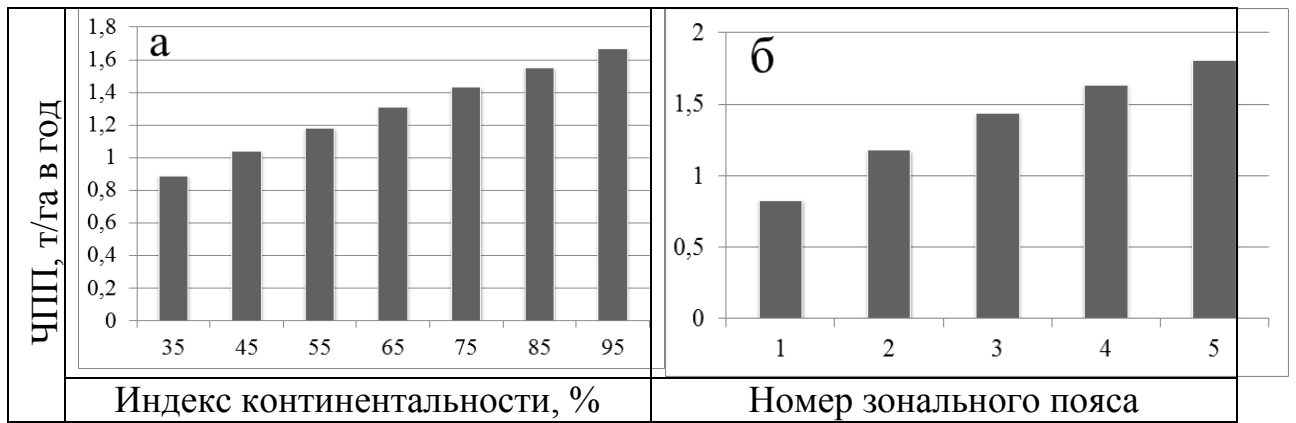


Рис. 4.12. Связь расчетных показателей ЧПП нижнего яруса в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (а) и с зональной принадлежностью лиственничников при индексе континентальности климата, равном 75% (б).

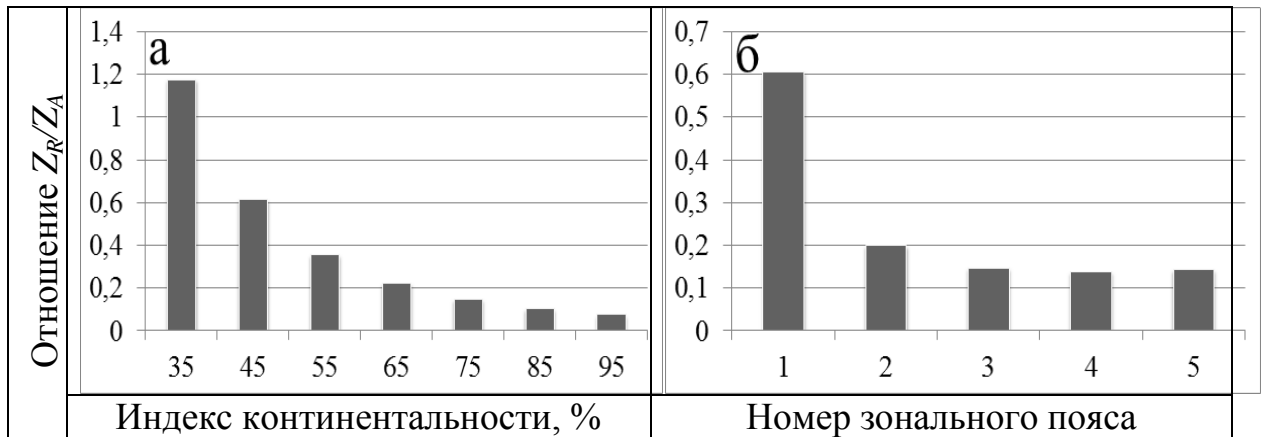


Рис. 4.13. Изменение отношения  $Z_R/Z_A$  в 100-летних лиственничниках в связи с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (а) и с номером зонального пояса при индексе континентальности, по В. Ценкеру, равном 75% (б).

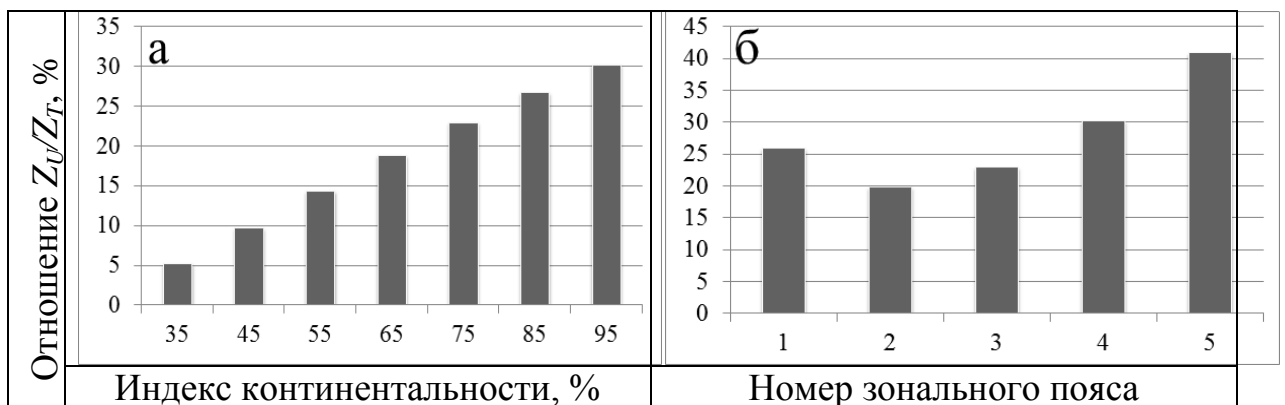


Рис. 4.14. Изменение отношения  $Z_U/Z_T$  в 100-летних лиственничниках в связи с индексом континентальности в 3-м зональном поясе (а) и с номером зонального пояса при индексе континентальности, по В. Ценкеру, равном 75% (б).

Представленные графики показывают монотонное снижение надземной фитомассы и ЧПП древостоев лиственницы и соответственно увеличение фитомассы и ЧПП нижнего яруса в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности. Аналогичное снижение ЧПП в том же направлении было установлено в березняках и елово-пихтарниках (Норицина, 2009; Хабибуллина, 2013). В условиях повышенной континентальности климата древостой уступает свои продукционные позиции в фитоценозе нижнему ярусу, и по мере снижения фитомассы и ЧПП древесного яруса повышается фитомасса и ЧПП нижнего и наоборот (см. рис. 4.11а - 4.12а).

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. 4.7б) и колоколообразный характер изменения надземной ЧПП в направлении от 1-го зонального пояса к 5-му с максимумом в 3-м поясе (см. рис. 4.11б). Это не соответствует закономерности синхронного снижения ЧПП обезличенного лесного покрова в направлении от тропиков к обоим полюсам (Anderson et al., 2006), а также монотонному снижению ЧПП елово-пихтарников в направлении от 5-го зонального пояса к 1-му (Хабибуллина, 2013). Причина такого несоответствия - в специфике распределения лиственничников вдоль 100-го меридиана (см. рис. 4.5 и 4.6): в зональных поясах с 1-го по 3-й при индексе континентальности 75 на территории Сибири монотонное увеличение ЧПП лиственницы сибирской происходит в связи с увеличением месячной суммы эффективных температур (СЭТ) выше  $+5^{\circ}\text{C}$  соответственно с  $20^{\circ}\text{C}$  до  $70^{\circ}\text{C}$  (Tuhkanen, 1984), а южнее, в 4-м и 5-м поясах произрастает лиственница Принца Рупрехта соответственно на восточном склоне Тибета на высоте от 1700 до 3600 м над ур. м. и на восточном склоне Гималаев на высоте 4200 м над ур. м. при том же индексе континентальности. Иными словами, в зональных поясах с 1-го по 3-й увеличение ЧПП лиственницы, произрастающей на плакорах, происходит вследствие повышения СЭТ, а в

зональных поясах с 4-го по 5-й снижение ЧПП происходит вследствие подъема листовенницы вверх по высотным градиентам.

Отношения  $P_R/P_A$  и  $Z_R/Z_A$  в 100-летнем возрасте снижаются 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 (см. рис. 4.9 и 4.13). Отношение фитомассы и ЧПП нижнего яруса соответственно к общей фитомассе и ЧПП 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 (см. рис. 4.10 и 4.14).

## ГЛАВА 5. УДЕЛЬНАЯ ЧПП (%) ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНИРОВАНИЕМ ЕВРАЗИИ

### 5.1. Оценка ЧПП и УдЧПП деревьев лиственницы по диаметру и высоте ствола в культурах в условиях засушливой степи

Практически во всех публикациях отсутствуют подеревные данные о ЧПП лиственницы, и база данных (Приложение 3) включает лишь значения фитомассы деревьев (кг), что не позволяет выполнить какие-либо региональные сопоставления ЧПП и УдЧПП деревьев рода *Larix*. Поэтому ограничимся оценкой ЧПП и УдЧПП деревьев в культурах лиственницы Тургайского прогиба по легко измеряемым таксационным параметрам дерева – диаметру ствола и высоте. Расчет выполнен по данным ЧПП 28 модельных деревьев согласно регрессионной модели:

$$\ln Zi = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H + a_3 (\ln D \times \ln H), \quad (5.1)$$

где  $Zi$  - годовая ЧПП фракции дерева ( $Zf$ ,  $Zb$ ,  $Zs$  и  $Za$  - хвои, ветвей, ствола и вся надземная, соответственно), кг. Переменная  $\ln H$  для всех фракций фитомассы оказалась статистически не значимой. Характеристика уравнений (5.1) дана в табл. 5.1, а подтверждение отсутствия корреляции остатков в уравнениях – на рис. 5.1.

Таблица 5.1

Характеристика уравнений (5.1)

$\ln Zi$	Константы и независимые переменные			$R^2$	SE
	$a_0$	$a_1 \ln D$	$a_3 (\ln D \times \ln H)$		
$\ln(Zf)$	-9,4275	6,9476	-1,2001	0,964	0,22
$\ln(Zb)$	-7,0752	3,7564	-0,4936	0,887	0,32
$\ln(Zs)$	-5,5086	1,3227	0,2298	0,973	0,16
$\ln(Za)$	-6,0763	3,6940	-0,3739	0,954	0,22

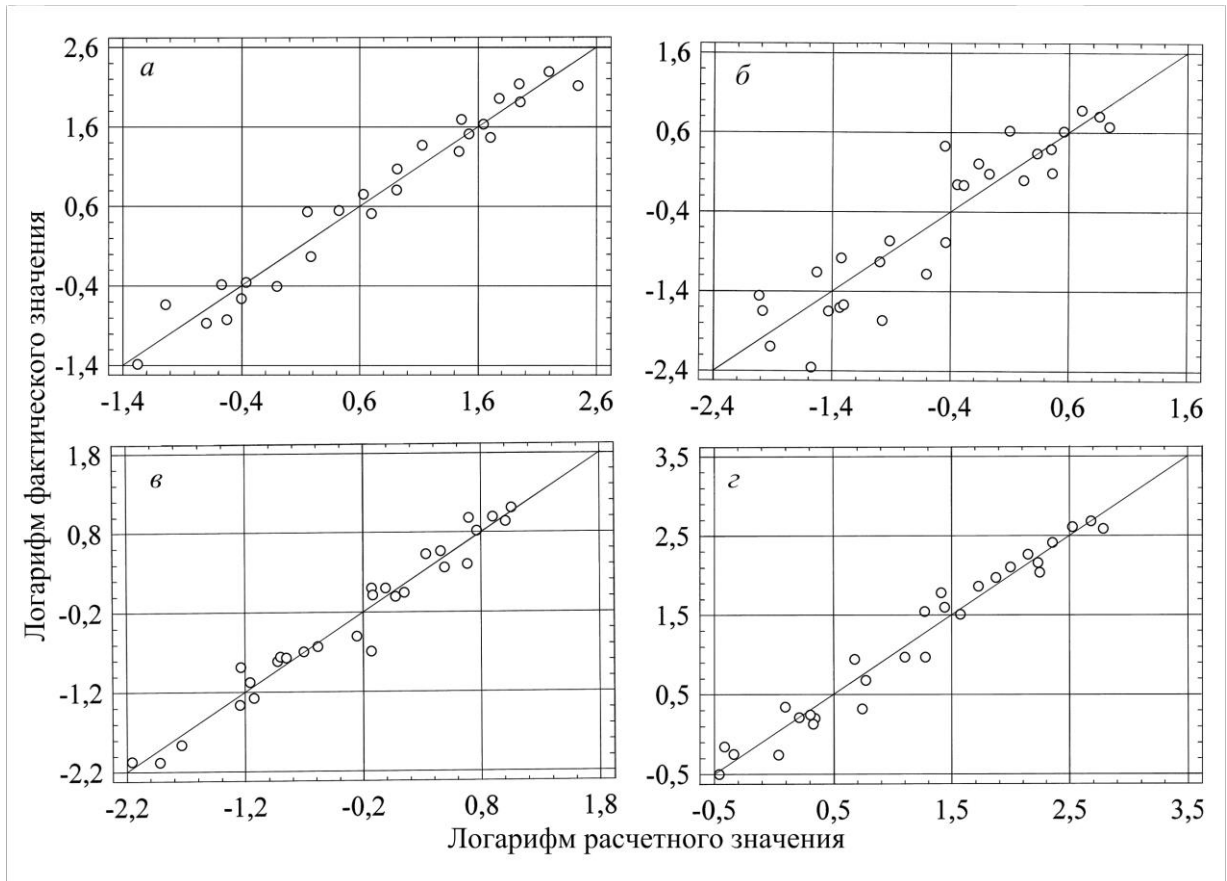


Рис. 5.1. Соотношение фактических и расчетных значений ЧПП деревьев лиственницы по фракционному составу: (а) хвои, (б) ветвей, (в) стволов, (г) надземной фитомассы согласно уравнениям (5.1).

Для оценки УдЧПП ( $Za/Pa$ ) по 28 модельных деревьям получено уравнение  $\ln(Za/Pa) = -1,2856 + 3,8571 \ln D - 1,0402 (\ln D \times \ln H)$ ;  $R^2 = 0,589$ ;  $SE = 0,16$ , (5.2)

где  $Za/Pa$  – удельная ЧПП надземной фитомассы деревьев, %. Отсутствие корреляции остатков показано на рис. 5.2.

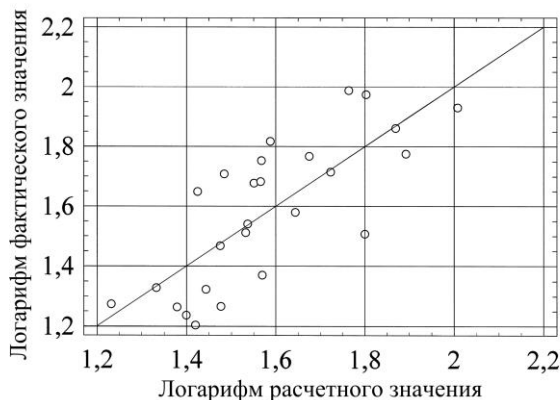


Рис. 5.2. Соотношение фактических и расчетных значений УдЧПП по надземной фитомассе деревьев лиственницы согласно уравнениям (5.2).

Путем табулирования уравнений (5.1) и (5.2) по задаваемым значениям диаметра ствола и высоты дерева получена таблица для оценки ЧПП и УдЧПП деревьев лиственницы в условиях засушливой степи Тургайского прогиба (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Таблица для определения ЧПП и УдЧПП деревьев лиственницы по диаметру ствола и высоте дерева в культурах степной зоны

Высота дерева, м	Фракции фитомассы	Диаметр ствола на высоте груди, см							
		4	8	12	16	20	24	28	32
Годичная ЧПП, кг									
12	Хвоя	0,02	0,31	1,53	4,79	11,61	23,93	-	-
	Ветви	0,03	0,16	0,45	0,94	1,65	2,62	-	-
	Ствол	0,06	0,21	0,45	0,77	1,18	1,67	-	-
	Итого	0,10	0,68	2,43	6,51	14,44	28,22	-	-
16	Хвоя	0,01	0,15	0,65	1,84	4,13	7,99	13,95	-
	Ветви	0,02	0,12	0,32	0,63	1,08	1,67	2,41	-
	Ствол	0,06	0,24	0,53	0,93	1,44	2,05	2,78	-
	Итого	0,10	0,51	1,50	3,40	6,65	11,71	19,15	-
20	Хвоя	-	-	0,33	0,88	1,85	3,41	5,72	8,95
	Ветви	-	-	0,24	0,47	0,78	1,18	1,67	2,27
	Ствол	-	-	0,60	1,07	1,68	2,42	3,30	4,31
	Итого	-	-	1,18	2,41	4,30	7,01	10,69	15,53
24	Хвоя	-	-	0,19	0,48	0,96	1,70	2,76	4,19
	Ветви	-	-	0,19	0,36	0,59	0,88	1,24	1,66
	Ствол	-	-	0,67	1,20	1,90	2,76	3,79	4,99
	Итого	-	-	1,05	2,04	3,45	5,35	7,79	10,8
28	Хвоя	-	-	-	-	0,55	0,95	1,49	2,21
	Ветви	-	-	-	-	0,47	0,69	0,96	1,28
	Ствол	-	-	-	-	2,11	3,09	4,27	5,64
	Итого	-	-	-	-	3,14	4,73	6,72	9,12
Удельная ЧПП по надземной фитомассе деревьев лиственницы, %									
12	Za/Pa	1,61	3,90	6,53	9,41	12,50	15,76	-	-
16		1,07	2,09	3,10	4,10	5,10	6,09	7,07	-
20		0,77	1,29	1,74	2,16	2,54	2,91	3,26	3,60
24		0,59	0,87	1,09	1,27	1,44	1,59	1,74	1,87
28		0,48	0,62	0,73	0,82	0,89	0,96	1,02	1,07

По данным табл. 5.2 можно сделать вывод, что показатели ЧПП и УдЧПП по надземной фитомассе деревьев лиственницы в культурах с увели-

чением диаметра ствола возрастают, а с увеличением высоты дерева при одном и том же диаметре снижаются. ЧПП ствола повышается с увеличением как диаметра, так и высоты ствола. Но поскольку доля ствола в надземной ЧПП составляет 30-40%, а совокупная доля хвои и ветвей соответственно 60-70%, то последняя, превалируя в надземной ЧПП, определяет общую закономерность изменения последней в зависимости от высоты и диаметра ствола.

## 5.2. УдЧПП лиственных насаждений в связи климатическими трендами Евразии

Для построения графиков трансконтинентальных зависимостей УдЧПП от климатических факторов уравнения специально не рассчитывались, и численные закономерности получены путем деления расчетных значений ЧПП на соответствующие значения фитомассы. Их графическая интерпретация для некоторых фракций фитомассы приведена на рис. 5.3-5.5, из которых следует, что закономерности изменения УдЧПП надземной, подземной и нижнего яруса по градиенту континентальности климата имеют общий характер.

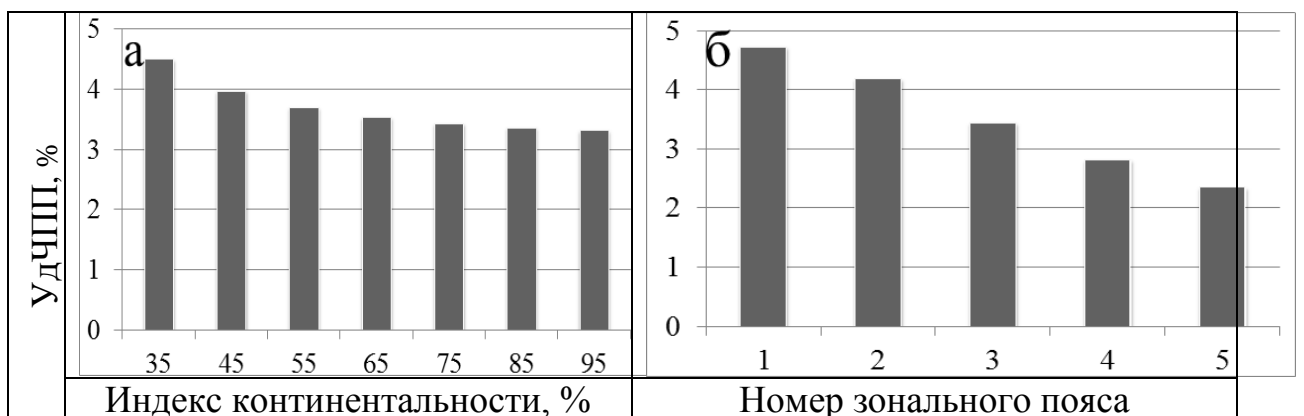


Рис. 5.3. Связь расчетных показателей надземной УдЧПП в возрасте лиственных насаждений 100 лет с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (а) и с их зональной принадлежностью при индексе континентальности, равном 75% (б).

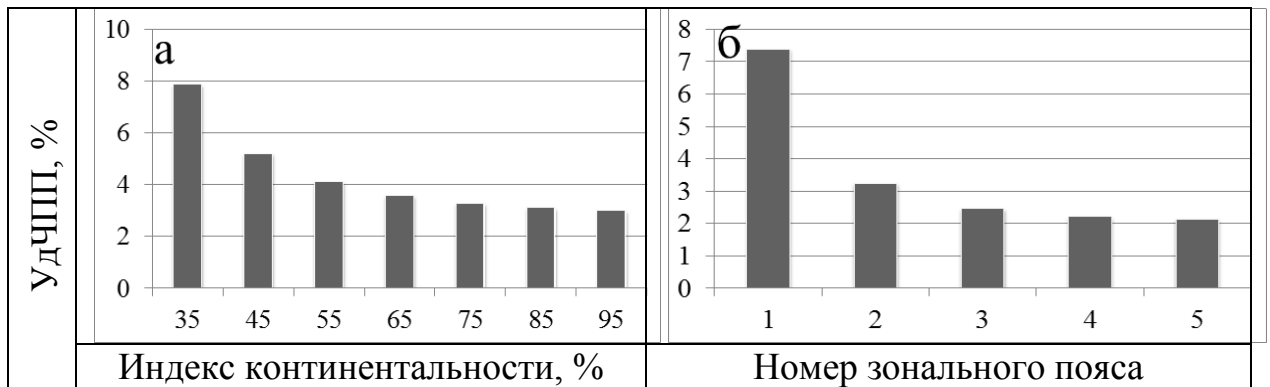


Рис. 5.4. Связь расчетных показателей подземной УдЧПП в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (а) и с зональной принадлежностью лиственничников при индексе континентальности, равном 75% (б).

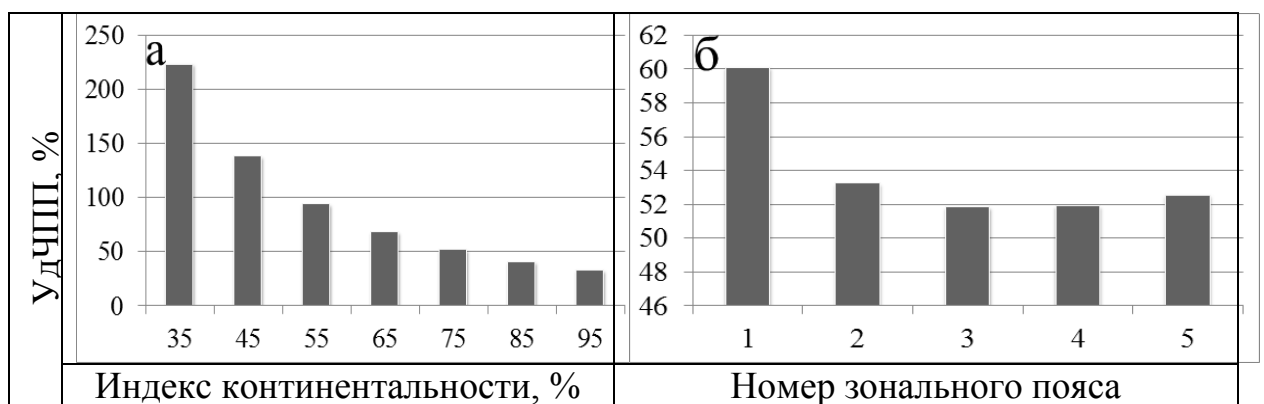


Рис. 5.5. Связь расчетных показателей УдЧПП нижнего яруса в возрасте 100 лет с индексом континентальности, по В. Ценкеру, в южном умеренном климатическом поясе (а) и с зональной принадлежностью лиственничников при индексе континентальности, равном 75% (б).

Показатели надземной и подземной УдЧПП по мере увеличения индекса континентальности снижаются аналогично надземной фитомассе и ЧПП (см. рис. 5.3а - 5.4а, 4.7а и 4.11а), но в зональном градиенте закономерности их изменения противоположны изменению надземной фитомассы (см. рис. 4.7б) и отличаются от изменения надземной ЧПП (см. рис. 4.11б). УдЧПП нижнего яруса, как и аналогичный показатель надземной и подземной фитомассы, снижается по мере продвижения к полюсу континентальности климата и в направлении от 1-го зонального пояса к 5-му (см. рис. 5.5а,б).

При сопоставлении полученных закономерностей для лиственничников с таковыми для насаждений других пород обнаруживаются некоторые расхождения. В направлении с севера на юг УдЧПП снижается как в листвен-



ничниках (см. рис. 5.3б), так и в елово-пихтарниках (см. рис. 1.46) и березняках (см. рис. 1.49), но возрастает в кедровниках (см. рис. 1.50). В направлении от атлантических побережий к полюсу континентальности тенденции также не однозначны: в лиственничниках происходит снижение УдЧПП (см. рис. 5.3а), а в елово-пихтарниках и березняках – возрастание (см. рис. 1.47 и 1.49).

Таким образом, мы сталкиваемся с существенной неопределенностью при интерпретации географии УдЧПП разных древесных пород. 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 (с одной стороны, лиственничники, елово-пихтарники и березняки, а с другой – кедровники) в противоположных направлениях по одному и тому же климатическому градиенту?

Эту неопределенность можно объяснить тем фактом, что анализировались, во-первых, не чистые, а смешанные древостои с различным участием пород, и, во-вторых, разные экорегионы были представлены или разными родами (например, пихта сибирская – *Abies sibirica* Ldb. и пихта китайская – *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.), или разными древесными породами в пределах рода (например, кедр сибирский на Урале и корейский – на Дальнем Востоке). В последнем случае УдЧПП древостоев кедра корейского примерно вдвое выше, чем у кедра сибирского, по всем фракциям фитомассы. При этом по запасам стволовой древесины соотношение противоположное (Усольцев, 2013). Чем вызвано это различие, биологией пород или климатическими факторами, объяснить пока невозможно. Скорее всего, это связано с недостаточным количеством пробных площадей, заложенных в кедровниках.

Совместный географический анализ разных древесных пород был вызван невозможностью их расчленения по экорегионам (при совместном произрастании ели и пихты в бореальной зоне, а также ели Вильсона и пихты Георга в лесах Китая), а также же 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 (Усольцев, 2014а). Последнее явление в хорологии растений (Толмачев, 1962) называется замещением видов: викарирующие (замещающие) виды возникают в случаях давнего разобщения когда-то сплошного ареала.

Поскольку УдЧПП рассчитывается как отношение ЧПП к наличной фитомассе без учета ее отпада и опада, то действительно ли она означает «скорость превращения органического вещества» или, в других терминах, интенсивность круговорота веществ (элементов питания)? Ведь в формулу УдЧПП входит наличный запас фитомассы (знаменатель), а более корректно было бы включать наличную фитомассу плюс весь ее отпад и опад на тот или иной момент времени. А может быть, в данном случае мы наблюдаем два взаимосвязанных «скоростных» процесса, а именно - приходную и расходную составляющие единого процесса круговорота веществ? (Усольцев, 2014а).

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 ста-

бильности лесной экосистемы должна возрасть и скорость ее разложения (Усольцев, 2014а).

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 меняются местами. В частности, если в некотором температурном (зональном) градиенте УдЧПП спелых лиственничников, елово-пихтарников и березняков возрастает, а УдЧПП кедровников снижается, то в том же градиенте разложение детрита у первых должно снижаться, а у вторых – возрастать. Но реально ли подобное? (Усольцев, 2014а).

Известны неопределенности и недостатки баз данных о фитомассе и ЧПП лесных насаждений (Usol'tsev, 2007). Тем не менее, устанавливаются статистически значимые закономерности изменения УдЧПП по климатическим градиентам на основе математико-статистических методов. 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 (Luysaert 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 закономерности изменения УдЧПП на примере других древесных пород, например, сосны обыкновенной. Из всех лесообразующих пород последняя наиболее представлена в базе данных по ЧПП и УдЧПП в количестве около 930 определений (Усольцев, 2010), т.е. она существенно больше, чем по лиственничникам, и это порождает надежду на получение более значимых географических закономерностей в изменении их УдЧПП по сравнению с лиственничниками.

Таким образом, на основе сформированной базы данных в количестве 540 пробных площадей с определениями фитомассы и 130 пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы лиственничных насаждений Евразии на территории от Великобритании до Японии и юга Китая установлены статистически значимые трансконтинентальные изменения фитомассы, ЧПП и УдЧПП всех древесных фракций и нижнего яруса лиственничников. Как по фитомассе, так и по ЧПП и УдЧПП, лиственничники Евразии имеют существенные региональные различия, которые в значительной степени определяются особенностями климата.

Полученные результаты могут быть полезны при оценке приходной части углеродного цикла в лиственничных насаждениях, что важно в проведении мероприятий по стабилизации климата, а также при валидации результатов имитационного моделирования углерододепонирующей способности лесов.

## ГЛАВА 6. ТАБЛИЦЫ ХОДА РОСТА ПО ЧПП И УДЧПП ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

### 6.1. Фрагментация массива исходных данных и ординация традиционных таблиц хода роста древостоев по климатическим зонам и степени континентальности климата

При составлении таблиц хода роста лиственничных насаждений Уральского региона по ЧПП и УдЧПП за основу взяты традиционные таблицы хода роста (ТХР) лиственничных древостоев, дополненные показателями ЧПП и УдЧПП путем совмещения ТХР с регрессионными моделями названных показателей, полученными по исходному массиву данных 130 пробных площадей (см. приложение 5). Традиционных ТХР лиственничников для Уральского региона составлено всего две: для Башкирии (Лесотаксационный..., 1991) и низовий р. Пур (Усольцев и др., 2000). Первая локализована показателями  $Zon = 3$ ;  $ICC = 65$ , а вторая -  $Zon = 2$ ;  $ICC = 55$ .

### 6.2. Составление таблиц хода роста по ЧПП и УдЧПП лиственничных насаждений

Таблицы хода роста лиственничных насаждений Уральского региона по ЧПП и УдЧПП составляются путем совмещения полученных нами регрессионных моделей фитомассы (4.6) и ЧПП (4.7) с таксационными показателями традиционных региональных ТХР. Поскольку таблицы по фитомассе лиственничников были опубликованы ранее В.А. Усольцевым (2002б), ограничиваемся составлением таблиц лишь по ЧПП и УдЧПП. Вначале в уравнения (4.6) для  $P_i$  подставляем значения возраста, густоты и запаса стволовой древесины, приведённые в традиционных ТХР, а также показанные выше значения  $Zon$  и  $ICC$ , и путем табулирования уравнений получаем возрастные тренды фитомассы по полному фракционному составу.

Таблица 6.1

Таблица хода роста нормальных естественных лиственничников (*L. sukaczewii*) Центральной Башкирии по ЧПП и УдЧПП (ТХР: Лесотаксационный..., 1991);  $Z_{on} = 3$ ;  $ICC = 65$

A, лет	N, тыс.экз/ га	M, м <sup>3</sup> /га	Годичная ЧПП, т/га							УдЧПП, %			
			Z <sub>S</sub>	Z <sub>F</sub>	Z <sub>B</sub>	Z <sub>A</sub>	Z <sub>R</sub>	Z <sub>U</sub>	Z <sub>T</sub>	Z <sub>A</sub> /P <sub>A</sub>	Z <sub>R</sub> /P <sub>R</sub>	Z <sub>U</sub> /P <sub>U</sub>	Z <sub>T</sub> /P <sub>T</sub>
Вейниковый тип													
30	2,540	148	3,23	4,06	0,87	8,15	2,25	0,92	11,3	9,41	10,19	37,41	10,2
40	2,160	198	3,05	4,01	0,75	7,81	2,39	0,97	11,2	7,04	8,63	48,53	7,94
50	1,840	238	2,89	3,93	0,67	7,48	2,33	1,02	10,8	5,73	7,32	56,15	6,60
60	1,550	262	2,71	3,76	0,60	7,07	2,15	1,08	10,3	4,96	6,32	60,31	5,78
70	1,330	286	2,58	3,67	0,55	6,80	1,96	1,14	9,90	4,40	5,42	63,30	5,14
80	1,130	302	2,47	3,54	0,51	6,52	1,76	1,20	9,48	4,00	4,70	64,88	4,68
90	0,980	314	2,36	3,43	0,48	6,26	1,57	1,27	9,10	3,69	4,11	65,19	4,34
100	0,880	326	2,26	3,36	0,45	6,07	1,41	1,33	8,81	3,44	3,60	64,58	4,05
110	0,770	337	2,19	3,29	0,43	5,91	1,25	1,39	8,55	3,23	3,16	64,36	3,81
120	0,680	346	2,12	3,22	0,41	5,75	1,12	1,45	8,32	3,06	2,78	63,68	3,61
130	0,610	353	2,06	3,16	0,39	5,61	1,00	1,52	8,13	2,91	2,47	62,46	3,45
140	0,560	360	2,00	3,12	0,38	5,50	0,90	1,58	7,97	2,79	2,20	60,82	3,32
150	0,510	365	1,94	3,07	0,36	5,38	0,81	1,64	7,83	2,68	1,97	59,24	3,20
160	0,480	369	1,88	3,04	0,35	5,28	0,73	1,71	7,72	2,59	1,77	57,01	3,12
170	0,470	370	1,81	3,03	0,34	5,17	0,67	1,79	7,63	2,53	1,61	53,90	3,06
180	0,470	370	1,73	3,02	0,32	5,08	0,62	1,87	7,57	2,48	1,47	50,57	3,02

Таблица хода роста нормальных естественных лиственничников (*L. sibirica*) низовий р. Пур по ЧПП и УдЧПП (ТХР: Усольцев и др., 2000);  $Z_{on} = 2$ ;  $ICC = 55$

А, лет	N, тыс.экз/га	M, м <sup>3</sup> /га	Годичная ЧПП, т/га							УдЧПП, %			
			Z <sub>S</sub>	Z <sub>F</sub>	Z <sub>B</sub>	Z <sub>A</sub>	Z <sub>R</sub>	Z <sub>U</sub>	Z <sub>T</sub>	Z <sub>A</sub> /P <sub>A</sub>	Z <sub>R</sub> /P <sub>R</sub>	Z <sub>U</sub> /P <sub>U</sub>	Z <sub>T</sub> /P <sub>T</sub>
Зеленомошно-ягодниковый тип; класс бонитета IV													
20	16,12	28	1,72	1,61	0,83	4,16	4,44	0,93	9,53	20,6	42,8	10,8	24,35
40	3,704	100	2,37	1,94	0,91	5,21	5,15	0,80	11,17	8,76	22,7	47,1	13,31
60	1,914	180	2,57	2,10	0,90	5,57	4,59	0,82	10,98	5,45	13,90	79,8	8,06
80	2,287	239	2,29	2,31	0,79	5,39	4,38	0,93	10,70	4,08	10,03	79,2	6,05
100	1,003	283	2,43	2,13	0,78	5,34	3,11	0,95	9,40	3,38	7,01	99,8	4,62
120	0,861	314	2,28	2,14	0,73	5,15	2,56	1,04	8,75	2,93	5,35	99,8	3,90
140	0,772	335	2,14	2,14	0,67	4,95	2,12	1,14	8,21	2,63	4,20	94,0	3,42
160	0,720	348	2,00	2,13	0,62	4,76	1,77	1,24	7,77	2,43	3,39	86,3	3,11
180	0,687	375	1,92	2,20	0,60	4,72	1,51	1,34	7,56	2,22	2,71	80,9	2,81
200	0,673	361	1,75	2,15	0,54	4,44	1,27	1,46	7,17	2,16	2,31	70,3	2,73
Багульниково-брусничный тип; класс бонитета V													
20	20,64	13	1,15	1,04	0,51	2,71	3,94	1,11	7,75	26,3	63,9	6,10	22,4
40	5,548	61	1,75	1,51	0,65	3,91	5,06	0,92	9,90	10,5	30,0	29,9	17,3
60	2,722	111	1,93	1,66	0,65	4,24	4,47	0,94	9,64	6,58	18,2	51,9	10,6
80	1,761	156	1,97	1,73	0,63	4,33	3,71	0,99	9,03	4,88	12,1	66,0	7,47
100	1,337	190	1,92	1,77	0,60	4,28	3,04	1,07	8,38	3,98	8,73	71,6	5,83
120	1,112	217	1,84	1,79	0,56	4,20	2,50	1,15	7,85	3,42	6,55	72,1	4,83
140	0,975	236	1,75	1,81	0,53	4,09	2,07	1,25	7,40	3,05	5,10	69,3	4,20
160	0,883	250	1,65	1,82	0,50	3,98	1,72	1,35	7,05	2,79	4,06	65,1	3,77
180	0,830	260	1,56	1,84	0,47	3,87	1,45	1,46	6,78	2,60	3,30	60,0	3,48
200	0,793	267	1,48	1,85	0,45	3,77	1,23	1,58	6,58	2,46	2,72	54,8	3,26

Затем в уравнения (4.7) для  $Z_i$  подставляем значения возраста, густоты и запаса стволовой древесины, приведённые в традиционных ТХР, значения  $Z_{on}$  и  $ICC$ , а также соответствующие величины  $P_i$ , полученные на предыдущем этапе путем табулирования уравнений (4.6), и получаем возрастные тренды ЧПП по полному фракционному составу. На заключительном этапе рассчитываем возрастные тренды УдЧПП путем деления расчетных показателей ЧПП на расчетные значения фитомассы древостоев. Результаты сведены в табл. 6.1 и 6.2. Аналогичным образом система уравнений (4.6) и (4.7) может быть применена для составления таблиц хода роста лиственных насаждений по фитомассе, ЧПП и УдЧПП любого региона Евразии при наличии соответствующих традиционных ТХР.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фитомасса, чистая первичная (ЧПП) и удельная чистая первичная продукция (УдЧПП) являются важнейшими характеристиками функционирования лесных экосистем, которые ранее на уровне деревьев и древостоев в лиственничных экосистемах (род *Larix* Mill.) в пределах всей Евразии не изучались. Подобные исследования являются сегодня актуальнейшими ввиду необходимости решения таких проблем, как глобальные изменения, устойчивое развитие и сохранение биоразнообразия.

На основе предварительного анализа некоторых теорий распределения ассимилятов в деревьях нами исследованы количественные соотношения между различными фракциями фитомассы у лиственничных деревьев, произрастающих на южном и северном пределах лесорастительных условий, и установлено, что выявленные закономерности имеют региональные смещения и разный характер трендов, т. е. не являются унифицированными и не соответствуют понятию «биологический закон». Поскольку мы исследуем стохастические процессы, то всегда имеется доверительный интервал, в пределах которого каждое из искомым значений является истинным. Более продуктивным может быть не сравнительный анализ тех или иных теорий распределения ассимилятов, а изучение и интерпретация доверительных интервалов, характеризующих аналитическое описание исследуемого процесса.

Для оценки фитомассы хвои, ветвей и стволов лиственничных деревьев, произрастающих на южном и северном пределах (соответственно в культурах лиственницы в степных условиях и в естественных насаждениях лесотундры), рассчитаны регрессионные уравнения, в которых в качестве независимых переменных включены диаметр и высота ствола, и которые объясняют соответственно 91, 95 и 99 % изменчивости названных фракций. Варьирование лесорастительных условий в лиственничниках бореальной зоны обуславливает статистически значимые различия только по массе хвои и ветвей, а масса стволов описывается одним общим уравнением. Сопоставление

регрессионных уравнений для лиственницы в степи и лесотундре, с одной стороны, и в субтропиках (Центральный Китай), с другой, выявило существенные различия по всем фракциям как надземной, так и подземной фитомассы деревьев, обусловленные региональными различиями их морфоструктуры. Предложены региональные таблицы для оценки фитомассы, ЧПП и УдЧПП деревьев лиственницы, которые могут служить основой для определения биологической продуктивности лиственничных древостоев в разных экорегионах.

Впервые по 21 литературному источнику сформирована база подеревных данных лиственницы (род *Larix* Mill.) в количестве около 500 деревьев на территории от Средней Европы до Японии и Китая. Построена рекурсивная система уравнений с таким расчетом, чтобы были учтены региональные различия структуры фитомассы не только по природной зональности и континентальности климата, но и по характерным для них показателям диаметра, высоты и объема ствола дерева, а также – густоты и возраста древостоев. Система уравнений позволила установить, что при фиксированном возрасте дерева его высота монотонно увеличивается в направлении с севера на юг и снижается в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности в Якутии. Густота древостоев изменяется в направлении с севера на юг по колоколообразной кривой и монотонно возрастает в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности.

Масса всех фракций дерева (кг) увеличивается по зональным поясам в направлении с севера на юг. Изменение фитомассы деревьев в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности различается по фракциям: масса ветвей, ствола, надземной и общей монотонно снижается, масса корней в том же направлении увеличивается, а масса хвои изменяется по колоколообразной кривой. При этом учтены зональные различия деревьев по возрасту, высоте, диаметру и объему ствола, а также по густоте древостоев. Система полученных трансконтинентальных уравнений для подеревной фитомассы даёт возможность ее регионального применения при оценке фи-

томассы лиственницы на 1 га на основе локальных данных инструментальной таксации древостоев.

При одном и том же возрасте надземная фитомасса (т/га) древостоев лиственницы в степи, в условиях крайнего дефицита влаги 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 в результате дренажа условия произрастания соответствуют примерно подзоне средней тайги Урала. 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. Но ЧПП стволовой древесины в пойменных условиях лесотундры в 2 раза выше, чем в степных условиях, и в 6 раз выше, чем в лесотундре на плакоре. Фитомасса хвой в пойменных условиях лесотундры в 3 раза ниже, чем в степных условиях, но в 2,4 раза выше, чем в лесотундре на плакоре.

Однако по структуре ЧПП разных фракций фитомассы пойменные и плакорные лиственничники близки: в первом случае доли стволов, хвой и ветвей составили 38, 40 и 22 %, а во втором – соответственно 30, 40 и 30 %; в культурах Тургая соотношение фракций несколько иное: там имеет место повышенная доля хвой в надземной ЧПП (25:55:20%), по сравнению с лесотундрой.

Для географического анализа биологической продуктивности лиственницы на уровне насаждений (т/га) нами сформирована структурированная по трансконтинентальным градиентам база данных в количестве 540 пробных площадей с определениями на них только фитомассы (ствол, ветви, хвоя, корни, нижний ярус, в который вошли травяной покров, кустарнички, кустарники и подрост) и 116 пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы разных видов рода *Larix* Mill. на территории от Западной Европы до Китая.

Регрессионный анализ фитомассы и годичной ЧПП (т/га) лиственничных насаждений Евразии на основе рекурсивной системы уравнений с включением в качестве независимых переменных возраста, густоты и запаса стволовой древесины, а также номера климатического пояса (от первого до пятого в широтном градиенте) и индекса континентальности климата, показал, что изменение различных фракций как фитомассы, так и ЧПП, в зональном градиенте (от 1-го до 5-го пояса, соответственно от лесотундры до субэкваториальной подзоны) при фиксированном индексе континентальности имеет различный характер.

Построенные графики показали монотонное снижение надземной фитомассы и ЧПП древостоев лиственницы и соответственно увеличение фитомассы и ЧПП нижнего яруса в направлении от океанических побережий к полюсу континентальности. Аналогичное снижение ЧПП в том же направлении было установлено в елово-пихтарниках и березняках. В условиях повышенной континентальности климата древостой уступает свои продукционные позиции в фитоценозе нижнему ярусу, и по мере снижения фитомассы и ЧПП древесного яруса повышается фитомасса и ЧПП нижнего и наоборот.

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 и колоколообразный характер изменения надземной ЧПП в направлении от 1-го зонального пояса к 5-му с максимумом в 3-м поясе.

Закономерности изменения УдЧПП надземной, подземной и нижнего яруса по градиенту континентальности климата имеют общий характер. Показатели надземной и подземной УдЧПП по мере увеличения индекса континентальности снижаются аналогично надземной фитомассе и ЧПП, но в зональном градиенте закономерности их изменения противоположны изменению надземной фитомассы и отличаются от изменения надземной ЧПП. УдЧПП нижнего яруса, как и аналогичный показатель надземной и подземной фитомассы, снижается по мере продвижения к полюсу континентально-

сти климата и в направлении от 1-го зонального пояса к 5-му. Однако при интерпретации географии УдЧПП разных древесных пород мы сталкиваемся с существенной неопределенностью.

В целом, нами установлены статистически значимые трансконтинентальные изменения фитомассы, ЧПП и УдЧПП всех древесных фракций и нижнего яруса лиственничников. Как по фитомассе, так и по ЧПП и УдЧПП, лиственничники Евразии имеют существенные региональные различия, которые в значительной степени определяются особенностями климата.

Составленные таблицы хода роста лиственничных насаждений Уральского региона по ЧПП и УдЧПП могут служить исходной основой при разработке различного рода экологических региональных и глобальных проектов и могут быть использованы в ресурсоведческом и лесозащитном аспектах, а также при разработке системы глобальных экологических услуг.

**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.

Алехин В.В., Кудряшов Л.В., Говорухин В.С. География растений с основами ботаники. М.: Госучпедгиз, 1961. 532 с.

Алисов Б. П., Полтараус Б. В. Климатология. М.: Изд-во МГУ, 1974. 300 с.

Алятин М.В. Особенности происхождения, формирования и воспроизводства сложных ельников Ижорского (Силурийского) плато: Автореф. дис.... канд. с.-х. наук. С.-Пб: С.-Петербургская гос. лесотехн. академия, 2007. 21 с.

Антанайтис В.В. Введение // Закономерности лесной таксации: Методическое пособие. Каунас: Литовская сельскохозяйственная академия, 1976. С. 5-10.

Антанайтис В.В. Моделирование производительности древостоев в целях мониторинга лесов // Моделирование и контроль производительности древостоев. Каунас: Лит СХА, 1983. С. 6-8.

Антанайтис В.В., Загреев В.В. Прирост леса. М.: Лесная 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.

Антомонов Ю.Г. Моделирование биологических систем: Справочник. Киев: Наукова Думка, 1977. 260 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.

Арнольд Ф.К. Русский лес.- Т. II.- Часть 1.- С.-Петербург: Изд. А. Ф. Маркса, 1898.- 705 с.

Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. -М.: Наука, 1993.- 293 с.

Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297с.

Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Картограммы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши // Изв. ВГО. 1967. Т. 99. № 3. С. 190-194.

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.

Бекетов А. География растений. Очерк учения о распространении и распределении растительности на земной поверхности. СПб, 1896. 359 с.

Биологическая продуктивность лесов Поволжья / Под ред. С.Э. Вомперского. М.: Наука, 1982. 282 с.

Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Кузин С.Н. Углеродный цикл в еловых экосистемах северной тайги // Экология. 2006. № 1. С. 23-31.

Бозриков В.В., Данчев Б.Ф. Лиственница сибирская – перспективный вид в защитном лесоразведении Северного Казахстана // Экология лесных сообществ Северного Казахстана. Л.: Наука, 1984. С.16-23.

Борисов А.А. Климаты СССР. М.: Просвещение, 1967. 296 с.

Будыко М.И., Ефимова Н.А. Использование солнечной энергии природным растительным покровом на территории СССР // Бот. журн.- 1968. -Т. 53.- № 10.- С. 1384-1389.

Бузыкин А.И., Исмагилов А.М., Суворова Г.Г., Щербатюк А.С. Оценка продуктивности деревьев и древостоев // Лесоведение. 1991. № 6. С. 16-25.

Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986. 144 с.

Вальтер Г. Растительность земного шара. Т. 3. -М.: Прогресс, 1975. - 429 с.

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. Взаимовлияние лиственницы с компонентами и густота ее культур в Северном Казахстане // Труды КазНИИЛХА. 1975. Том 9. С. 111-120.

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.

Верзунов А.И. Репродуктивная способность и изменчивость лиственницы при интродукции в омской лесостепи и в Северном Казахстане // Лиственница и ее комплексная переработка. Красноярск: СибТИ, 1987. С. 71-79.

Виленкин Б.Я. Взаимодействующие популяции // Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978. С. 5-16.

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.

Габеев В.Н. Экология и продуктивность сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 1990. 229 с.



Георгиевский Н.П. О развитии насаждений при рубках ухода // Развитие русского лесоводства. М.; Л.: Гос. лесотехнич. изд-во, 1948. С. 112-179.

Герасимов Д.А. Геоботаническое исследование торфяных болот Урала (краткое предварительное сообщение) // Торфяное дело. 1926. № 3. С. 53-58.

Герасимов И.П. Мировая почвенная карта и общие законы географии почв // Почвоведение. 1945. № 3-4. С. 152-161.

Герасимов И.П., Зимина Р.П. Теория структур вертикальной природной поясности как научная основа для эколого-географической характеристики горных систем // Чтения памяти акад. В. Н. Сукачева. III. Вопросы биогеоценологии и географии. -М.: Наука, 1986.- С. 5-12.

Германова Н.И. Разложение опада как показатель интенсивности круговорота элементов в лесных насаждениях Южной Карелии // Лесоведение. 2000. № 3. С. 30-35.

Глинский Б.А., Грязнов Б.С., Дынин Б.С., Никитин Е.П. Моделирование как метод научного исследования: гносеологический анализ. М.: Изд-во МГУ, 1965. 248 с.

Говорухин В.С. Лесотундра как физико-географическая зональная область // Проблемы Севера. 1963. Вып. 7. С. 188- 198.

Гордина Н.П. Моделирование производительности лиственничников в связи с климатическими факторами // Лиственница: проблемы комплексной переработки / Межвузовский сб. научных трудов. - Красноярск: КПИ, 1984. - С. 3-6.

Григорьев А.А., Будыко М.И. О периодическом законе географической зональности // Докл. АН СССР. -1956. -Т. 110.- № 1. -С. 129-132.

Гроздов Б.В. Дендрология. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960. 355 с.

Гульбе Я. И., Гульбе Т. А., Гульбе А. Я., Ермолова Л. С. Удельная продуктивность фитомассы древостоев основных лесообразующих пород // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии. Материалы международной конференции. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. С. 197-200.

Демаков Ю.П., Козлова И.А., Патрикеев Е.И. Рост и дифференциация деревьев лиственницы при равномерном их размещении в культуре // Сборник тезисов докладов студентов, аспирантов, докторантов по итогам научно-технической конференции МарГТУ в 2004 г. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. С. 37-38.

Докучаев В.В. Учение о зонах природы. -М.: Географгиз, 1948.- 64 с.

Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.

Дугаржав Ч. Лиственничные леса Монголии (современное состояние и воспроизводство): Автореф. дис... д.с.-х.н. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1996. 59 с.

Дылис Н.В., Носова Л.М. Фитомасса лесных биогеоценозов Подмосквья.- М.: Наука. 1977.- 143 с.

Дюльдин А.А. Коэффициент вариации и аллометрия // Экология. 1973. № 6. С. 97-99.

Ефимович Е.А., Никитин К.Е. Выход пихтовой лапки в лесах Алтая Казахстана и производство пихтового масла // Труды по лесному опытному делу (отчёт). Семипалатинск: Казахская лесная опытная станция ВАСХНИЛ – ВНИЛАМИ, 1934. 77с.

Загребев В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. -М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 240 с.

Иванов Л.А. Физиология растений. -Л.: Гослестехиздат, 1936.- 386 с.

Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наукова Думка, 1982. 296 с.

Иевинь И.К., Дикельсон Э.О. Масса крон осины, берёзы и ели в кисличниках Латвии // Лесное хозяйство. 1962. № 4. С. 20-23.

Ильинский, А.П. Растительность земного шара / А.П. Ильинский. - М.; Л.: АН СССР, 1937. - 458 с.

Исаченко, А.Г. Ландшафтное районирование России как основа для ландшафтно-экологического и географического анализа / А.Г. Исаченко // Изв. РГО. -1996. - Т. 128. - № 5. - С. 12-24.

Казимиров Н.И., Митруков А.Е. Изменчивость и математическая модель фитомассы сосновых деревьев и древостоев // Формирование и продуктивность сосновых насаждений Карельской АССР и Мурманской области. – Петрозаводск: Ин-т леса КФ АН СССР, 1978. – С. 142-148.

Кайрюкштитс Л.А. Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений. М.: Лесн. пром-сть, 1969. 208 с.

Кашапов Р.Ш. О балансе органического углерода в природно-хозяйственной системе Башкортостана // Изв. РГО. 2002. Т. 134. Вып. 3. С. 39-42.

Кеппен Ф.Т. Географическое распространение хвойных деревьев в европейской России и на Кавказе // Записки Императорской Академии наук.- Т. L.- № 4 (приложение).- С.-Петербург, 1885.- 634 с.

Колесниченко М.В. Биохимические взаимодействия древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1976. 184 с.

Комаров В.Л. Меридиональная зональность организмов // Дневник I всероссийского съезда русских ботаников в Петрограде. Вып. 3. Петроград, 1921. С. 27-28.

Конашова С.И. Дубравы зеленой зоны г. Уфы. Уфа: Изд-во Башк. ГАУ, 2000а. 54 с.

Конашова С.И. Эколого-лесоводственные основы формирования и повышения устойчивости рекреационных лесов: Автореф. дис....докт. с.-х. наук. Екатеринбург: УГЛТА, 2000б. 36 с.

Коновалов Н.А. Лиственница Сукачева на Среднем Урале // Тр. Уральск. лесотехн. ин-та. Вып. 16. Свердловск, 1959. С. 135 – 150.

Коропачинский И.Ю. Древесные растения Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 383 с.

Кофман Г.Б. Приложения теории подобия к анализу роста и изреживания древо-стоев: 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. 211с.

Кофман Г.Б., Кузьмичёв В.В. Подобие в процессе роста и изреживания древостоев // Пространственно-временная структура лесных биогеоценозов. Новосибирск: Наука, 1981. С. 125-151.

Крашенинников И.М. Анализ реликтовой флоры Южного Урала в связи с историей растительности и палеогеографией плейстоцена // Сов. ботаника. 1937. № 4. С. 16-45.

Крылов А. Г. О зависимости текущего прироста древесины от запаса древостоя // Лесоведение. 1967. № 5. С. 90-92.

Кузьмичев В. В., Секретенко О.П. Связь горизонтальной структуры и динамики состава сосново-лиственничных культур // Лесоведение. 2001. № 5. С. 60-67.

Куль К., Оя Т. Структура физиологических моделей роста деревьев // Известия АН ЭстССР. Биология. 1984. Т. 33, № 1. С. 33-41.

Крылов, Г.В. Лесорастительное районирование Сибири / Г.В. Крылов // Изв. Томск. отд-ния Всерос. бот. общ-ва. - Т. 4. - Новосибирск, 1959. - С. 115-149.

Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев. - М.: Наука, 1973. - 203 с.

Кучерявых Е.Г. Лесные культуры Закарпатья // Лесное хоз-во. 1948. № 1. С. 85-91.

Лаас Э.Э. Лиственница в Эстонии // Внедрение лиственницы в лесные насаждения. -М.; Л.: Гослесбумиздат, 1956. -С. 111-118.

Лавренко Е.М., Андреев В.Н., Леонтьев В.Л. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням // Ботан. журн. 1955. Т. 40. № 3. С. 415-419.

Лагов И.А. Естественное возобновление под пологом лиственничных лесов Южного Алтая // Тр. КазНИИЛХ. Т. 3. 1961. С. 238-246.

Лесная энциклопедия. Т. 2.- М.: Сов. энциклопедия, 1986.- 632 с.

Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР. -М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 368 с.

Лесотаксационный справочник для лесов Урала. М.: Госкомлес СССР, 1991. 483 с.

Лиёпа И.Я. Динамика древесных запасов: прогнозирование и экология. Рига: Зинатне, 1980. 170 с.

Лит Х. Моделирование первичной продуктивности Земного шара // Экология. 1974. № 2. С. 13-23.

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.

Мазуренко М.Т., Андреев А.В. Жизнь на пределе. Очерки биологии северных растений. Магадан: Изд-во «Охотник», 2007. 234 с.

Мазуренко М.Т., Москалюк Т.А. Краски северного лета (рассказы о растениях). 2-е изд. Владивосток: Ботанический сад-институт ДВО РАН, 2009. 195 с.

Матвеев П.М., Усольцев В. А. Послепожарный отпад и возобновление лиственницы на многолетней мерзлоте // Экология.- 1991.- № 4.- С. 3-15.

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.

Моисеев Н.Н. Коэволюция человека и биосферы: кибернетические аспекты // Кибернетика и ноосфера. М.: Наука, 1986. С. 68-81.

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., Усольцев В.А., Гаврилин Д.С. Фитомасса деревьев лиственницы сибирской в низовьях р. Пур // Сборник научных трудов ученых и специалистов факультета экономики и управления УГЛТУ. Вып. 4. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. - С. 182-185.

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.

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.

Никитин К.Е. Лиственница на Украине.– Киев: Урожай, 1966. –332 с.

Никитин К.Е., Швиденко А.З. К вопросу о математическом моделировании в лесном хозяйстве // Тезисы докладов всесоюзной научно-произв. конференции по вопросам совершенствования лесного хозяйства. Киев: УкрСХА, 1973. С. 219-220.

Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. М.: Лесная пром-сть, 1978. 272 с.

Нильсон А.М. Дискретные и непрерывные модели экологических явлений // Проблемы современной экологии. -Тарту, 1978. -С. 54-55.

Новик И.Б., Пегов С.А., Ростопшин Ю.А. Введение // Природа моделей и модели природы. М.: Мысль, 1986. С. 3-8.

Новоженков Ю.И. Роль насекомых в возобновлении лиственницы на Урале // Биологические исследования в Ильменском заповеднике. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. С. 106-121.

Норицина Ю.В. Биологическая продуктивность березы в связи с происхождением и географией насаждений: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. 23 с.

Нуреева Т.В., Белоусов А.А., Чурикова М.Н. Особенности роста древесных пород в смешанных культурах на бывших сельскохозяйственных площадях Кировской области // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: Биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг. Материалы международного научно-практического семинара. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. С. 117-121 (<http://csfm.marstu.net/publications.html#seminar2011>).

Олейникова В.И. Взаимовлияние сосны и березы в культурах // Лесное хоз-во. 1962. № 5. С. 12-17.

Орлов А.Я. Хвойные леса Амгунь-Буреинского междуречья.- М.: АН СССР, 1955.- 208 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.

ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. - М.: ЦБНТИлесхоз, 1983. - 31 с.

Оя Т. Модели развития древостоя. Таллин: АН ЭстССР, 1985. 60 с.

Павлов И.Н., Барабанова О.А. К вопросу о росте лесных культур лиственницы сибирской и сосны обыкновенной на лиственничных вырубках // Лесной и химический комплексы: проблемы и решения. Т. 1. / Сб. статей. Красноярск: СибГТУ, 2003. С. 219-225.

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. Распределение фракций фитомассы ели европейской в зависимости от возраста и климатических факторов // Лесоведение. -1988.- № 2.- С. 34-40.

Палуметс Я.К. Опыт моделирования распределения фитомассы ели // Лесоведение. 1990. № 3. С. 43-48.

Поварницын В.А. Типы лесов сибирской лиственницы СССР // Сибирский лесотехн. ин-т: Сб. трудов. Л.: Гослестехиздат, 1941. С. 17- 51.

Поздняков Л.К. Элементы биологической продуктивности светлохвойных лесов Якутии // Лесоведение.- 1967.- № 6.- С. 36-42.

Поздняков Л.К. Даурская лиственница. -М.: Наука, 1975.- 312 с.

Полозова Л.Г. О характеристике континентальности климата // Известия Всесоюзного географического общества. 1954. Т. 86. № 5. С. 412-422.

Поляков А.Н., Ипатов Л.Ф., Успенский В.В. Продуктивность лесных культур. М.: Агропромиздат, 1986. 240 с.

Природное районирование Северного Казахстана (Кустанайская, Северо-Казахстанская, Кокчетавская, Акмолинская и Павлодарская области) / Отв. ред. Б.А. Федорович. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 468 с.

Пристова Т.А. Круговорот веществ во вторичном лиственнно-хвойном насаждении средней тайги // Научные доклады Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 489. Сыктывкар, 2006. С. 1-20.

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.

Рачко П. Имитационная модель динамики роста дерева как элемента лесного биогеоценоза // Вопросы кибернетики: Управление и оптимизация в экологических системах. Вып. 52. М., 1979. С. 73-111.



Редько Г.И., Коротаев А.А. Культуры дуба в Тульских засеках.- Л.: ЛЛТА, 1987.- 64 с.

Ремезов Н.П., Быкова Л.Н. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в осинниках // Почвоведение. -1953.- № 8. -С. 28-41.

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. Математическое моделирование фитоценологических систем // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1980. Т. 85. Вып. 2. С. 79-88.

Розенберг Г.С. Модели в фитоценологии. М.: Наука, 1984. 265 с.

Розенберг Г.С., Феклистов П.А. Прогнозирование годичного прироста древесных растений методами самоорганизации // Экология. 1982. № 4. С. 43-51.

Русаленко, А.И. Определение прироста фитомассы в сосновых насаждениях / А.И. Русаленко, Е.Г. Петров // Текущий прирост древостоев (материалы научной конференции). - Минск: Изд-во "Ураджай", 1975. - С. 139-140.

Салмина Ю.Н. Влияние смешения лиственницы сибирской в культурах Московской области на ее биологическую продуктивность: Автореф. дис... канд. биол. наук. М.: МГУ, 1973. 23 с.

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.

Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков. Новосибирск: Наука, 1978. 165 с.

Сидаравичюс Й. М. Изменение биологической продуктивности деревьев при различном уровне атмосферного загрязнения // Закономерности роста и производительности древостоев. Каунас: ЛитСХА, 1985. С. 228-230.

Симон Ф.П. В лесах Общего Сырта // Лесной журнал. 1910. Т. 40. Вып. 10. С. 1119-1140.

Смагин, В.Н. Лесохозяйственное районирование Сибири / В.Н. Смагин, И.В. Семечкин, Н.П. Поликарпов и др. // Лесные растительные ресурсы Сибири.- Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1978. - С. 5-23.

Соколов И.М. Фракталы // Квант. 1989. № 5. С. 6-13.

Софронов, М.А. Пирологическое районирование таежной зоны / М.А. Софронов, А.В. Волокитина. - Новосибирск: Наука, 1990. - 204 с.

Софронов М.А., Волокитина А.В. Об экологических особенностях зоны северных редколесий в Средней Сибири // Сибирский экологический журн. 1998. № 3-4. С. 245-250.

Сочава, В.Б. Растительность лесной зоны / В.Б. Сочава // Животный мир СССР. - Т. 4. - М.: Изд-во АН СССР, 1953. - С. 7-61.

Сочава В.Б. Лиственничные леса // Растительный покров СССР. Т. 1.- М.; Л.: АН СССР, 1956.- С. 249-318.

Стариков Г.Ф. Поразительная жизнестойкость лиственницы // Лесное хоз-во.- 1959.- № 10.- С. 95.

Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Том 1. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 212 с.

Сукачев В. Н. Дендрология с основами лесной геоботаники. 2-е изд. Л.: Рослестехиздат, 1938. 576 с.

Тарасов М.Е. Методические подходы к определению скорости разложения древесного детрита // Лесоведение. 2002. № 5. С. 32-38.

Тимофеев В.П. Лиственница в культуре. М.; Л.: Гослестехиздат, 1947. 295 с.

Тимофеев В.П. Лиственница в культуре. М.: Лесная пром-сть, 1981. 162 с.

Титлянова А.А., Тесаржова М. Режимы биологического круговорота. Новосибирск: Наука, 1991. 150 с.

Токмурзин Т.Х., Байзаков С.Б. Рекомендации по таксации надземной фитомассы и освоению древесной зелени сосновых и еловых лесов Казахстана. Алма-Ата: КазСХИ, 1970. 63 с.

Толмачев А.И. Основы учения об ареалах: Введение в хорологию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1962. 100 с.

Тольский А.П. Районирование культур сибирской лиственницы в европейской части СССР // Лесная индустрия. 1937. № 8. С. 49-52.

Трейфельд Р. Пора разобраться в приоритетах // Лесная газета. 2013. 3 декабря.

Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. 853 с.

Тулохонов А.К., Пунцукова С.Д., Скулкина Н.А., Кузнецов Ю.А. Вклад лесов Бурятии в баланс стока и эмиссии углерода // География и природные ресурсы. 2006. № 2. С. 41-48.

Турский Г. М. Очерки по теории прироста. М.: Кооперативное изд-во «Жизнь и знание», 1925. 72 с.

Тюлина Л.Н. К эволюции растительного покрова предгорий Южного Урала // Записки Златоустовского общ-ва краеведения.- 1929.- Вып. 1.- 18 с.

Тябера А.П. Простой способ определения вида уравнений множественной регрессии // Эксперимент и математическое моделирование в изучении биогеоценозов лесов и болот: Тез. докл. М.: Лаб. лесоведения АН СССР, 1987. С. 277-280.

Тябера А.П. Географические закономерности производительности сосновых древостоев // Лесная таксация и лесоустройство. - Каунас: ЛитСХА, 1988. -С. 139-147.

Усольцев В.А. Вес кроны березы и осины в насаждениях Северного Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1972. № 4. С. 77-80.

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. Высота замера диаметра ствола как дополнительный фактор при оценке объема дерева // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1983а. № 3. С. 81-83.

Усольцев В.А. Таблицы для подеревного учета надземной фитомассы березы и осины Северного Казахстана // Рациональное использование и повышение устойчивости лесов Казахстана. Щучинск, 1983б. С. 143-164 (Рукопись депонирована в КазНИИНТИ 7 июля 1983 г., № 478 Ка-Д 83).

Усольцев В.А. О точности регрессионной оценки фитомассы древостоев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1984. № 8. С. 77-83.

Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1985а. 191 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3353>).

Усольцев В.А. Принципы полифакториальной оценки биопродуктивности древостоев. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1985б. 48 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3378>).

Усольцев В. А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1988. 253 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3352>).

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: Изд-во 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.). 2004. № 1 (33). С. 49-55.

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. Этюды о наших лесных деревьях. - Екатеринбург: Банк культурной информации, 2008. - 188 с.

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. 2013. № 1-2. С. 47-67 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2802>).

Усольцев В.А. География удельной первичной продукции фитомассы лесов и неопределенности ее оценки и интерпретации // Эко-Потенциал. 2014а. № 1 (5). С. 117-143 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3186>).

Усольцев В.А. Моделирование территориального распределения первичной продукции лесов: по географическим координатам или климатическим факторам? // *Эко-Потенциал*. 2014б. № 1(5). С. 128-138 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2802>).

Усольцев В.А. Лесные арабески, или Этюды из жизни наших деревьев. Изд. 2-е, дополненное. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2014в. 161 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3686>). (<http://management-usfeu.ru/Uploads/NauchPublikazii/Arabeski.pdf>).

Усольцев В.А. Фитомасса деревьев в лесах Евразии. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2015. (в печати)

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., Крапивина О.А., Залесов С.В. Первичная продукция лиственницы сибирской на экотоне *лес-тундра* // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. Сб. научных трудов. Вып. 9. Брянск: БГИТА, 2004. С. 133-135.

Усольцев В.А., Субботин К.С., Гаврилин Д.С., Норицина Ю.В. Моделирование распределения ассимилятов в фитомассе деревьев: законы или закономерности? // *Эко-Потенциал*. 2015а. № 1(9). С. 15-32 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4065>).

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., Воробейчик Е.Л., Бергман И.Е. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения: Исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012а. 365 с. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/458>).

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., 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», 2015б. С. 152-154 (<http://ucom.ru/doc/conf/2015.02.28.04.pdf>).

Усольцев В.А., Мезенцев А.Т., Кох Е.В., Крудышев В.В., Лазарев И.С. О возможности использования унифицированных аллометрических уравнений фитомассы деревьев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012б. - № 3(89). - С. 37-40 ([http://www1.asau.ru/doc/nauka/vestnik/2012/3/Leshoz\\_Usolzev.pdf](http://www1.asau.ru/doc/nauka/vestnik/2012/3/Leshoz_Usolzev.pdf)).

Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Фимушин А.Б., Логинов М.В., Азаренок М.В., Колтунова А.И., Галако В.А. Структура надземной фитомассы лиственничников в низовьях р. Пур // Лесная таксация и лесоустройство. Межвуз. сб. научн. трудов. - Красноярск: СибГТУ, 1999. - С. 24-28.

Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Фимушин А.Б. и др. Ход роста надземной фитомассы приполярных лиственничников // ИВУЗ. Лесной журн. 2000. № 5-6. С. 13-18.

Усольцев В.А., Филиппов А.В., Ненашев Н.С. и др. Оценка некоторых методов определения первичной продукции ветвей деревьев // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск: БГИТА, 2004. Вып. 8. С. 65-67.

Усольцев В.А., Семьшев М.М., Борников А.В., Гаврилин Д.С. Экология и биологическая продуктивность лиственничных экосистем на северном и южном пределах ареала // Эко-Потенциал (Екатеринбург). 2013. № 3-4. С. 116-126 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2802>).

Усольцев В.А., Усольцева Р.Ф. Аппроксимирование надземной фитомассы березы и осины по диаметру и высоте ствола // Вестник с.-х. науки Казахстана. 1977. № 7. С. 83-89.

Усольцев В.А., Усольцева Ю.В., Залесов С.В. Изменение фитомассы березняков по уральскому меридиану // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: Материалы всерос. конф. Красноярск: СибГТУ, 2001. С. 159–163.

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., Часовских В.П., Норицина Ю.В. Имитационное моделирование лесных экосистем и проблема замещения ископаемого топлива «зелёной» энергией // Эко-Потенциал (Екатеринбург). 2014. № 4(8). С. 16-40 (<http://management-usfeu.ru/NaukaPage1/NaukaGurnal>; <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3577>).

Уткин, А.И. Биологическая продуктивность лесов: Методы изучения и результаты / А.И. Уткин // Лесоведение и лесоводство: Итоги науки и техники. - М.: ВИНТИ, 1975. - Т. 1. - С. 9-189.

Уткин А.И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М.: Наука, 1982. С. 59-72.

Уткин А.И. Замолодчиков Д.Г., Милова О.В. О вкладе лесов России в глобальный углеродный цикл // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. Материалы всероссийской конфер. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева, 2004. С. 212-215.

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.

Фалалеев Э.Н. Некоторые данные о возобновлении лиственницы в северных районах Красноярского края // Лесной журн.- 1958.- № 3. –С. 84-86.

Флейшман Б.С. Об имитационном и оптимизационном моделировании экосистем // Биофизические и математические методы исследования геосистем. М.: Ин-т гео-графии АН СССР, 1978. С. 51-65.

Фриккель Я.А. Рост и продуктивность чистых и смешанных культур березы бородавчатой // Тр. КазНИИЛХА. Т. 10. 1978. С. 72-82.

Хабибуллина Н.В. Структура и география первичной и удельной первичной продукции елово-пихтовых насаждений: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. 06.03.02. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. 16 с. (<http://files.mail.ru/1B3D0ED481EE43BAA55B11D9FD34E672>).

Харитонов Г.А., Видякова А.Л. Культура лиственницы на Среднем Урале // Лесной журн. 1965. № 3. С. 3-7.

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. ВГО.- 1957.- Т. 89.- № 3. С. 221-225.

Цепляев, В.П. Леса СССР. Хозяйственная характеристика / В.П. Цепляев. - М.: Сельхозгиз, 1961. - 456 с.

Чернодубов А.И., Волкова А.В. Лиственница в центральной лесостепи // Современные проблемы теории и практики лесного хозяйства / Сб. статей. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. С. 89-90.

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.

Шебалов А.М. Лиственница Сукачева в культуре на Южном Урале // Леса Урала и хоз-во в них. Вып. 2. Свердловск: УралЛОС ВНИИЛМ, 1968. С. 124-125.

Шебалов А.М. Лиственницы Сукачева в лесах зеленой зоны г. Свердловска // Лесное хоз-во: Сб. научн. трудов № 32. Свердловск: УЛТИ, 1976. С. 68-71.

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.

Шульце В., Усольцев В.А., Фимушин А.Б., Кириллова В.В., Азаренок В.А. Уравнения и таблицы для подеревной оценки фитомассы лиственничников Сибири // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр.- Красноярск: СибГТУ, 2000.- С. 116-122.

Шумилова, Л.В. Ботаническая география Сибири / Л.В. Шумилова. - Томск: Изд-во Томского ун-та, 1962. - 440 с.

Яблоков А.С. Культура лиственницы и уход за насаждениями. М.: Гослесбумиздат, 1934. 128 с.

Яновский В.М. Главнейшие вредители леса в Монгольской народной республике // Леса Монгольской народной республики (хозяйственное использование). Т. 12. М.: Наука, 1980. С. 116-137.

Янушко А.Д. Лиственница в лесах БССР и перспективы ее разведения: Автореф. дис... канд. с.-х. наук.– Рига: ИЛХП, 1962.– 21 с.

Ågren G.I. Problems involved in modelling tree growth // *Studia forestalia suecica*. 1981. No. 160. P. 7-18.

Alban D.H., Laidly P.R. Generalized biomass equations for jack and red pine in the Lake States // *Can. J. For. Res.* 1982. Vol. 12. P. 913-921.

Alemdag I.S. Aboveground-mass equations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa // Can. For. Service, Petawawa Inst. 1981. Inf. Rep. PI-X-6. 9 p.

Alemdag I.S., Horton K.W. Single-tree equations for estimating biomass of trembling aspen, largetooth aspen and white birch in Ontario // For. Chron. 1981. Vol. 57. P. 169-173.

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.

Ares A., Fownes J.H. Comparisons between generalized and specific tree biomass functions as applied to tropical ash (*Fraxinus uhdei*) // New Forests. 2000. Vol. 20. P. 277-286.

Assmann E. Waldertragskunde: Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München, Bonn, Wien: BLV Verlagsgesellschaft, 1961. 492 S.

Baker T.G., Attiwill P.M., Stewart H.T.L. Biomass equations for *Pinus radiata* in Gippsland, Victoria / T.G. Baker, // N. Z. J. Forest Sci. 1984. Vol. 14. No 1. P. 89-96.

Barnsley M. Fractals everywhere. Boston: Academic Press Inc., 1988. 396 p.

Bartelink H.H. Allometric relationships on biomass and needle area of Douglas-fir // For. Ecol. Manage. 1996. Vol. 86. P. 193-203.

Bartelink H.H. Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L.) // Ann. Sci. Forest. 1997. Vol. 54. P. 39-50.

Baskerville G.L. Balsam fir foliage regressions are age dependent // Can. J. For. Res. 1983. Vol. 13. P. 1248-1251.

Ben Brahim M., Gavaland A., Cabanettes A. Generalized allometric regression to estimate biomass of *Populus* in short-rotation coppice // Scand. J. For. Res. 2000. Vol. 15. P. 171-176.

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.

Bonnor G.M. Inventory of forest biomass in Canada. Canadian Forestry Service. Petawawa National Forestry Institute. 1985. 63 pp.

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. Vol. 32. No 1. P. 185-201.

Braathe P. Height increment of young single trees in relation to height and distance of neighboring trees // Mitt. Forest Vers. Anst. 1980. Vol. 130. P. 43-48.

Brouwer R. Some aspects of the equilibrium between overground and underground plant parts // Jaarboek van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek aan Land-bouwgewassen. 1963. P. 31-39.

Bühler A. Streifzüge durch die Heimat der Lärche in der Schweiz // Forstwissenschaftliches Centralblatt. 1886. Bd. 8. S. 1-17.

Case B.S., Hall R.J. Assessing prediction errors of generalized tree biomass and volume equations for the boreal forest region of west-central Canada // Can. J. For. Res. 2008. Vol. 38. P. 878-889.

Charnov E.L. Optimal foraging, the marginal value theorem // Theoretical Population Biology. 1976. Vol. 9. P. 129-136.

Cienciala E., Černý M., Tatarinov F., Apltauer J., Exnerová Z. Biomass functions applicable to Scots pine // *Trees*. 2006. Vol. 20. P. 483-495.

Chiyenda, S., Kozak, A. Some comments on choosing regression models for biomass prediction equations. *For Chron.* 1982. Vol. 58. P. 203-204.

Claesson S., Sahlen K., Lundmark T. Functions for biomass estimation of young *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. from stands in Northern Sweden with high stand densities // *Scand. J. For. Res.* 2001. Vol. 16. P. 138-146.

Clutter J. L. Compatible growth and yield models for loblolly pine // *Forest Science*. 1963. Vol. 9. No 3. P. 354-371.

Cole T.G., Ewel J.J. Allometric equations for four valuable tropical tree species // *Forest Ecology and Management*. 2006. Vol. 229. P. 351–360.

Crow T.R. Common regressions to estimate tree biomass in tropical stands // *Forest Science*. 1978. Vol. 24. No. 1. P. 110-114.

D'Aprile F., Tapper N., Marchetti M. Forestry under Climate Change. Is Time a Tool for Sustainable Forest Management? // *Open Journal of Forestry*. 2015. Vol. 5. P. 329-336 (<http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2015.54028>).

De Candolle A.P. *Géographie Botanique Raisonnée; Ou, Exposition des Faits Principaux et des Lois Concernant la Distribution Géographique des Plantes de L'Époque Actuelle*: Vol. 2. Paris: V. Masson; Genève: J. Kessman, 1855. 1365 p. (<http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.62718>).

Dhar P.K., Giuliani A. Laws of biology: why so few? // *Systems and Synthetic Biology*. 2010. Vol. 4. P. 7-13.

Drexhage M., Colin F. Estimating root system biomass from breast-height diameters // *Forestry*. 2001. Vol. 74. No. 5. P. 491-497.

Drexhage M., Gruber F. Above – and below-stump relationships for *Picea abies*: estimating root system biomass from breast-height diameters // *Scand. J. For. Res.* 1999. Vol. 14. P. 328-333.

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.

Eamus D., McGuinness K., Burrows W. Review of allometric relationships for estimating woody biomass for Queensland, the Northern Territory and Western Australia. National carbon accounting system, Australian Greenhouse Office. Technical Report No. 5A. 2000. 56 p.

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.

Evert F. Système national d'équations pour évaluer la masse anhydre du peuplier faux-tremble *Populus tremuloides* Michx. // *Can. For. Service. Petawawa Inst. Inf. Rep. PI-X-24F*. 1984. 26 p.

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.).

Fehrmann L., Kleinn C. General considerations about the use of allometric equations for biomass estimation on the example of Norway spruce in central Europe // *Forest Ecology Manage.* 2006. Vol. 236. P. 412-421.

Feller M.C. Generalized versus site-specific biomass regression equations for *Pseudotsuga menziessi* var. *menziesii* and *Thuja plicata* in Coastal British Columbia // *Biores. Technol.* 1992. Vol. 39. P. 9-16.

Flury Ph. Untersuchungen über das Verhältniss der Reisigmasse zur Derbholzmasse // *Mitt. Schweiz. Centralanstalt Forstl. Versuchswesen*. 1892. Bd. 2. S. 25-32.

Freedman B. The relationship between the aboveground dry weight and diameter for a wide size range of erect land plants // *Can. J. Botany*. 1984. Vol. 62. P. 2370-2374.

Furnival G.M., Wilson R.W. Systems of equations for predicting forest growth and yield // *Statistical Ecol.* 1971. Vol. 3. P. 43-55.

Fürst Ch., Bitter A.W., Eisenhauer D.-R. et al. Sustainable methods and ecological processes of a conversion of pure Norway spruce and Scots pine stands into

ecologically adapted mixed stands // Contribution to Forest Sciences Tharandt. 2004. No. 20. P. 244.

Goldsmith, L.J., Hocker, H.W., Jr. Preliminary small-tree above-ground biomass tables for five northern hardwoods. N.H. Agric. Exp. Stn. Res. 1978. Rep. 68.

Gould S. Allometry and size in ontogeny and phylogeny // Biol. Rev. 1966. Vol. 41. P. 587-640.

Gower S.T., Richards J.H. Larches: Deciduous conifers in an ever-green world // BioScience. - 1990. - Vol. 40. - No. 11. - P. 818-826.

Green D.C., Grigal D.F. Generalized biomass estimation equations for jack pine // Minnesota For. Res. Notes. 1978. No. 268.

Grigal D.F., Kernik L.K. Generality of black spruce biomass estimation equations // Can. J. For. Res. 1984. Vol. 14. P. 468-470.

Hartig R. Wachstumsuntersuchungen an Fichten // Forstlich-naturwissenschaftl. Zeitschrift. 1896. Bd. 5. S. 1-15, 33-45.

Hoffman C.W., Usoltsev V.A. Tree-crown biomass estimation in forest species of the Ural and of Kazakhstan // For. Ecol. Manage. 2002. Vol. 158. P. 59-69.

Hosoda K., Iehara T. Aboveground biomass equations for individual trees of *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa* and *Larix kaempferi* in Japan // J. For. Res. 2010. Vol. 15. No. 5. P. 299-306 (DOI 10.1007/s10310-010-0192-y).

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., Maskel 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.

Ingestad T., Ågren G.I. Nutrient uptake and allocation at steady-state nutrition // *Physiologia Plantarum*. 1988. Vol. 72. P. 450-459.

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.

Jacobs M.W., Monteith D.B. Feasibility of developing regional weight tables // *J. Forestry*. 1981. Vol. 79. P. 676-677.

Jenkins J.C., Chojnacky D.C., Heath L.S., Birdsey R. National-scale biomass estimators for United States tree species // *Forest Sci.* 2003. Vol. 49. P. 12-35.

Jenkins J.C., Chojnacky D.C., Heath L.S., Birdsey R.A. Comprehensive database of diameter-based regressions for North American tree species // USDA Forest Service Northeastern Research Station. General Technical Report NE-319. 2004. 45 p.

Jiang, H. Modelling the net primary productivity of temperate forest ecosystems in China with a GAP model / H. Jiang, C. Peng, M.J. Apps, Y. Zhang, P.M. Woodard, Z. Wang // *Ecological Modelling*. - 1999. - Vol. 122. - P. 225-238.

Jokela E.J., Shannon C.A., White E.H. Biomass and nutrient equation for mature *Betula papyrifera* Marsh. // *Can. J. For. Res.* 1981. Vol. 11. P. 298-304.

Jokela E.J., Van Gorp K.P., Briggs R.D., White E.H. Biomass estimation equations for Norway spruce in New York // *Can. J. For. Res.* 1986. Vol. 16. No. 2. P. 413-415.

Kajimoto T., Matsuura Y., Osawa A., et al. Size-mass allometry and biomass allocation of two larch species growing on the continuous permafrost region in Siberia // *For. Ecol. Manage.* 2006. Vol. 222. P. 314-325.



Kajimoto T., Osawa A., Matsuura Y. et al. Individual-based measurement and analysis of root system development: case studies for *Larix Gmelinii* trees growing on the permafrost region in Siberia // J. Forest Res. 2007. Vol. 12. P. 103-112.

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).

Keeling H.C., Phillips O.L. The global relationship between forest productivity and biomass // Global Ecology and Biogeography. 2007. Vol. 16. P. 618-631.

Keith H., Barrett D., Keenan R. Review of allometric relationships for estimating woody biomass for New South Wales, the Australian Capital Territory, Victoria, Tasmania and South Australia. National carbon accounting system, Australian Greenhouse Office. Technical Report No. 5B. 2000. 112 p.

Ker M.F. The biomass equations for ten major species in Cumberland County, Nova Scotia // Can. For. Service, Marit. For. Res. Centre. 1980. Inf. Rep. M-X-108.

Ker M.F. Biomass equations for seven major Maritimes tree species. Canadian Forestry Service, Maritimes Forest Research Centre. Information Report M-X-148. Fredericton, New Brunswick, 1984. 54 p.

Kinerson, R.S., Bartholomew I. Biomass estimation equations and nutrient // New Hampshire Agric. Exp. Stn. Res. Rep. 62. 1977. 8 p.

Kittredge J.I. Estimation of amount of foliage of trees and stands // J. Forestry. 1944. Vol. 42. N 11. P. 905-912.

Klamroth K. *Larix europaea* (D.C.) *L. decidua* (Mill.) und ihr Anbau im Harz // Forstwissenschaftliches Centralblatt. 1929. H. 2. S. 345-368, 522-536.

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.

Koerper G.J., Richardson C.J. Biomass and net annual primary production regressions for *Populus grandidentata* on three sites in northern lower Michigan // *Can. J. For. Res.* 1980. Vol. 10. P. 92-101.

Korsmo H. Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stand // *Scand. J. For. Res.* 1995. Vol. 10. P. 333-346.

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.

Ledermann T., Neumann M. Biomass equations from data of old long-term experimental plots // *Austrian J. For. Res.* 2006. Vol. 123. P. 47-64.

Lieth H. Modeling the primary productivity of the world // *International Section for Ecology Bulletin*. 1974. Vol. 4. P. 11-20.

Loomis R.M., Phares R.E., Crosby J.S. Estimating foliage and branchwood quantities in shortleaf pine // *Forest Sci.* 1966. Vol. 12. N 1. P. 30-39.

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>)

Luysaert 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. Above-ground weight of forest plots – comparison of seven methods of estimation // *N.Z.J. For. Res.* 1983. Vol. 13. P. 100-107.

Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. New York: W.N. Freeman, 1983. 468 p.

Marklund L.G. Collecting data for biomass equation development: some methodological aspects // Mesures des biomasses et des accroissements forestiers. INRA, 1983. P. 37-43 (Les Colloques de l'INRA, no. 19).

Marklund L.G. Biomass functions for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Sweden // Department of Forest Survey, Swedish Univ. Agric. Sci., Umeå, Sweden, 1987. 132 p.

Marklund L.G. Biomassfunktioner för tall, gran och björk i Sverige // Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapporter-Skog. 1988. Vol. 45. P. 1-87.

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.

Methven I.R. Tree biomass equations for young plantation-grown red pine (*Pinus resinosa*) in the Maritime lowlands ecoregion // Can. For. Service, Marit. For. Res. Centre. 1983. Inf. Rep. M-X-147. 15 p.

Mitsopoulos I.D., Dimitrakopoulos A.P. Allometric equations for crown fuel biomass of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Greece // International Journal of Wildland Fire. 2007. Vol. 16. P. 642-647.

Møller A.P., Jennions M.D. How much variance can be explained by ecologists and evolutionary biologists? // Oecologia. 2002. Vol. 132. P. 492-500.

Mooney H.A., Gulmon S.L. Constraints on leaf structure and function in reference to herbivory // BioScience. 1982. Vol. 32. P. 198-206.

Mountford M.D., Bunce R.G.H. Regression sampling with allometrically related variables with particular reference to production studies. Forestry. 1973. Vol. 46. P. 203-212.

Müller H. Zum Lärchenrätsel // Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1918. Bd. 50. S. 419.

Munro D.D. Forest growth models – a prognosis // Growth models for tree and stand simulation / J. Fries (ed.). Stockholm: Royal Coll. For. Res. Notes 30. 1974. P. 7-21.

Muukkonen P., Mäkipää R. Biomass equations for European trees: Addendum // *Silva Fennica*. 2006. Vol. 40. No. 4. P. 763-773.

Nakai Y., Matsuura Y., Kajimoto T. et al. Eddy covariance CO<sub>2</sub> flux above a Gmelin larch forest on continuous permafrost of central Siberia during a growing season // *Theor. Appl. Climatol.* 2008. Vol. 93. P. 133-147.

Nelson B.W., Mesquita R., Pereira J.L.G., et al. Allometric regressions for improved estimates of secondary forest biomass in the central Amazon // *Forest Ecology and Management*. 1999. Vol. 117. P. 149-167.

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.

Ogawa H., Yoda K., Ogino K., Kira T. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. 2. Plant biomass // *Nature and Life in Southeast Asia*. 1965. Vol. 4. P. 49-80.

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.

Osawa A., Zyryanova O.A. Introduction // A. Osawa et al. (eds.). *Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010. P. 3-15 (Ecological Studies. Vol. 209).

Palumets J.K. Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce. Tartu: Univ. Press. VIII Scripta Botanica. 1991. 95 p.

Pardé J. Forest biomass // *Forestry Abstracts*. 1980. Vol. 41. No. 8. P. 343-362.

Pastor J., Aber J.D., Melillo J.M. Biomass prediction using generalized allometric regressions for some Northeast tree species // *Forest Ecology and Management*. 1984. Vol. 7. P. 265-274.

Payandeh B. Choosing regression models for biomass prediction equations. *For. Chron.* 1981. Vol. 57. P. 229-232.

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.

Penner M, Power K., Muhairwe C. et al. Canada's forest biomass resources: deriving estimates from Canada forest inventory // *Information report BC-X-370*. Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. 1997. 33 p.

Perala D.A., Alban D.H. Allometric biomass estimators for aspen-dominated ecosystems in the upper Great Lakes. USDA For. Service. North Central Forest Experiment Station. Res. Paper NC-314. 1993. 38 p.

Petráš R., Košút M., Oszlányi J. Listová biomasa stromov smreka, borovice a buka // *Lesnícky Časopis (Bratislava)*. 1985. Vol. 31. No. 2. P. 121-136.

Pielou E.C. The usefulness of ecological models: a stock-taking // *Quart. Rev. Biol.* 1981. Vol. 56. No. 1. P. 17-31.

Pintarić K. Studie zum Lärchenanbau in Bosnien: Beitrag zum Anbau der europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.) ausserhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes // *Arbeiten der Fakultät für Landwirtschaft und Forstwesen der Universität in Sarajevo*. 1958. Bd. 2. H. 2. 79 S.

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 (doi: 10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x).

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.

Prodan M. Holzmeßlehre. Frankfurt a.M.: J.D. Sauerländer's Verl., 1965. 644 s.

Quellet D. Biomass prediction equations for twelve commercial species in Quebec // Canadian Forest Service. Laurentian Forest Research Centre. Inf. Rep. LAU-X-62E. 1983. 27 p.

Ranneby B., Cruse T., Hägglund B., Jonasson H., Swärd J. Design a new national forest survey for Sweden // *Stud. For. Suec.* 1987. Vol. 177. P. 1-29.

Ribe J.H. Puckerbrush weight tables. Misc. Rep. 152, Life Sciences and Agricultural Experiment Station, University of Maine, Orono, MN, 1973. 92 p.

Rosenzweig M.L. Net primary productivity of terrestrial communities: Prediction from climatological data // *The American Naturalist*. 1968. Vol. 102 (923). P. 67-74.

Ruark G.A., Martin G.L., Bockheim J.G. Comparison of constant and variable allometric ratios for estimating *Populus tremuloides* biomass // *Forest Science*. 1987. Vol. 33. No. 2. P. 294-300.

Running S.W., Gower S.T. FOREST-BGC, A general model of forest ecosystem processes for regional applications. II. Dynamic carbon allocation and nitrogen budgets // *Tree Physiology*. 1991. Vol. 9. P. 147-160.

Ryan M.G., Binkley D., Fownes J.H. Age-related decline in forest productivity: pattern and process // *Adv. Ecol. Res.* 1997. Vol. 27. P. 213-262.

Saniga M. Einfluss der interspezifischen Konkurrenz auf Wachstum der Lärche in den Buchenjungwüchsen // *Acta Facultatis Forestalis. Zvolen, Czechoslovakia*. 1989. Bd. XXXI. S. 85-95.

Schlaegel B.E. Boxelder (*Acer negundo* L.) biomass component regression analysis for the Mississippi Delta // *Forest Sci.* 1982. Vol. 28. No 2. P. 355-358.

Schmidt P.A., Denner M. The effects of forest conversion of spruce (*Picea abies*) plantations into site-adapted mixed stands on the ground vegetation // *Personnel and scientific provision for the sustainable forest management: conditions and prospects* // *Proc. Internat. Confer.* 19-24 September 2005. Yoshkar-Ola, 2005. P. 158-168.

Schmitt M.D.C., Grigal D.F. Generalized biomass estimation equations for *Betula papyrifera* Marsh. // *Can. J. For. Res.* 1981. Vol. 11. P. 837-840.

Schulze E.-D. The carbon and nitrogen cycle of forest ecosystems // E.-D. Schulze (ed.). *Carbon and nutrient cycling in European forest ecosystems. (Ecological Studies. Vol. 142)*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2000. P. 3-13.

Schulze E.-D., Schulze W., Kelliher F.M., Vygodskaya N.N. et al. Above-ground biomass and nitrogen nutrition in a chronosequence of pristine *Dahurian Larix* stands in eastern Siberia // *Can. J. For. Res.* 1995. Vol. 25. P. 943-960.

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.

Singh T. Biomass equations for ten major tree species of the prairie provinces // Canadian Forest Service. Northern Forest Research Centre. Inf. Rep. NOR-X-242. 1982. 35 p.

Singh T. Biomass equations for six major tree species of the Northwest territories // Canadian Forest Service. Northern Forest Research Centre. Inf. Rep. NOR-X-257. 1984. 22 p.

Singh T. Generalizing biomass equations for the boreal forest region of west-central Canada // Forest Ecol. Manage. 1986. Vol. 17. P. 97-107.

Snell O. Die Abhängigkeit des Hirngewichtes von dem Körpergewicht und den geistigen Fähigkeiten // Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. 1892. Vol. 23. P. 436-446.

Snorrason A., Sigurdsson B.D., Gudbergsson G. et al. Carbon sequestration in forest plantations in Iceland // Iceland Agric. Sci. 2002. Vol. 15. P. 81-93.

Son Y., Hwang J.W., Kim Z.S., Lee W.K., Kim J.S. Allometry and biomass of Korean pine (*Pinus koraiensis*) in central Korea // Bioresource Technology. 2001. Vol. 78. P. 251-255.

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.

Tahvanainen L. Allometric relationships to estimate aboveground dry mass and height in *Salix* // Scand. J. For. Res. 1996. Vol. 11. . 233-241.

Ter-Mikaelian M.T., Korzukhin M.D. Biomass equations for sixty-five North American tree species // Forest Ecology and Management. 1997. Vol. 97. P. 1-24.

The notebooks of Leonardo da Vinci. Compiled and edited by J.P. Richter. N.Y.: Dover Publications, 1970. Vol. 1. 369 p.



Tritton L.M., Hornbeck J.W. Biomass estimation for northeastern forests // Ecol. Soc. Am. Bull. 1981. Vol. 62. P. 106-107.

Tuhkanen S. A circumboreal system of climatic-phytogeographical regions // Acta Botanica Fennica. 1984. Vol. 127. P. 1-50.

Ung C.-H., Bernier P., Guo X.-J. Canadian national biomass equations: new parameter estimates that include British Columbia data // Can. J. For. Res. 2008. Vol. 38. P. 1123-1132.

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.

Usoltsev V. A. Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The 2nd edition, enlarged and re-harmonized. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>).

Usoltsev V. A., Hoffmann C.W. A preliminary crown biomass table for even-aged *Picea abies* stands in Switzerland // Forestry. 1997. Vol. 70. No. 2. P. 103-112.

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., Somogyi Z., Chasovskikh V.P., Noritsina Yu.V. Climatic Gradients of Biomass and Net Primary Production of Mixed *Picea-Abies* Forests in Eurasia // Environment and Natural Resources Research. 2014. Vol. 4. No 2. P. 102-114 (<http://dx.doi.org/10.5539/enrr.v4n2p102>).

Vann D.R., Palmiotto P.A., Strimbeck G.R. Allometric equations for two South American conifers: Test of a non-destructive method // Forest Ecology and Management. 1998. Vol. 106. P. 55-71.

Wang J.R., Zhong A.L., Kimmins J.P. Biomass estimation errors associated with the use of published regression equations of paper birch and trembling aspen // North. J. Appl. For. 2002. Vol. 19. P. 128-136.

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.

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. Net production relations of shrubs in the Great Smoky Mountains // Ecology. 1962. Vol. 43. P. 357-377.

Widlowski J.-L., Verstraete M., Pinty B., Gobron N. Allometric relationships of selected European tree species: parametrizations of tree architecture for the purpose of 3-D canopy reflectance models used in the interpretation of remote sensing data. Italy, Ispra (VA): EC Joint Research Centre, TP 440, I-21020. 2003. 61 p. (<http://europa.eu.int>).

Wirth C., Schumacher J., Schulze E.-D. Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe – a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation // Tree Physiology. 2004. Vol. 24. P. 121-139.

Yandle D.O., Wiant H.V. Estimation of plant biomass based on the allometric equation // Can. J. For. Res. 1981. Vol. 11. P. 833-834.

Young H.E., Stand L., Allenberger R. Preliminary fresh and dry weight tables for seven tree species in Maine. Maine Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 12, 1964. 76 p.

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.

Zianis D., Xanthopoulos G., Kalabokidis K., Kazakis G., Ghosn D., Poussou O. Allometric equations for aboveground biomass estimation by size class for *Pinus brutia* Ten. trees growing in North and South Aegean Islands, Greece // European Journal of Forest Research. 2011. Vol. 130 (2). P. 145-160.

Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe // Silva Fennica Monographs. 2005. Vol. 4. 63 p.

## Обработка кроны модельных деревьев лиственницы и перевод на абсолютно сухое состояние

## Пробная площадь № \_\_\_\_\_

№ мод.	Часть дерева	Вес кроны, кг	Проба из середины кроны, г				Крона в свежем состоянии, кг		Содержание сухого вещества		Крона в абсолютно сухом состоянии, кг		
			Всего	В том числе		Доля хвои в пробе	Хвоя	Скелет	Хвоя	Скелет	Хвоя	% хвои	Скелет
				Скелет	Хвоя								
1	Крона 1												
	Крона 2												
	Ствол	Длина охв. части, м		Вес хвои с 1м, г			-		-			-	
	Итого		-	-	-			-	-		100		
2	Крона 1												
	Крона 2												
	Ствол	Длина охв. части, м		Вес хвои с 1м, г			-		-			-	
	Итого		-	-	-			-	-		100		
3	Крона 1												
	Крона 2												
	Ствол	Длина охв. части, м		Вес хвои с 1м, г			-		-			-	
	Итого		-	-	-			-	-		100		

4	Крона 1												
	Крона 2												
	Ствол	Длина охв. части, м		Вес хвои с 1м, г			-		-			-	
	Итого		-	-	-			-	-		100		
5	Крона 1												
	Крона 2												
	Ствол	Длина охв. части, м		Вес хвои с 1м, г			-		-			-	
	Итого		-	-	-			-	-		100		
6	Крона 1												
	Крона 2												
	Ствол	Длина охв. части, м		Вес хвои с 1м, г			-		-			-	
	Итого		-	-	-			-	-		100		
7	Крона 1												
	Крона 2												
	Ствол	Длина охв. части, м		Вес хвои с 1м, г			-		-			-	

Итого		-	-	-	-			-	-		100	
-------	--	---	---	---	---	--	--	---	---	--	-----	--

## Приложение 2

## Информация о площадях культур лиственницы в Боровском лесхозе Костанайской области Казахстана

Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Состав	Элемент леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Тип леса	Полнота	Запас на выделе, м <sup>3</sup>		
											на 1 га	Общий на выделе	В т.ч. по породам
<b>Тобольское лесничество</b>													
77	16	16	7СЗЛ	С	39	8	16	4	СЗ	0,8	90	1440	1008
	-	-	-	Л	30	9	16	-	-	-	-	-	432
77	18	7,4	7СЗЛ	С	38	10	16	3	СЗ	0,8	120	888	622
	-	-	-	Л	38	11	16	-	-	-	-	-	266
Итого													<b>698</b>
<b>Каменск - Уральское лесничество</b>													
120	16	4,5	10Л	Л	21	8	10	1	Л	0,4	40	180	180
Итого		4,5											<b>180</b>
<b>Боровское лесничество</b>													
13	7	5,7	10Л	Л	38	15	18	1	Л	0,7	170	969	969
13	26	0,6	5С5Л	С	37	10	12	3	СЗ	0,7	100	60	30
	-	-	-	Л	37	10	10	-	-	-	-	-	30
13	28	0,2	5С5Л	С	37	14	16	2	СЗ	0,7	160	32	16
	-	-	-	Л	37	-	-	-	-	-	-	-	16
14	9	5,0	5С5Л	С	37	10	12	3	СЗ	0,7	100	500	250
	-	-	-	Л	37	10	12	-	-	-	-	-	250
14	13	4,2	5С5Л	С	37	10	12	3	СЗ	0,7	100	420	210
	-	-	-	Л	37	-	-	-	-	-	-	-	210
45	26	4,5	5СЗБ2Л	С	56	18	22	2	СЗ	0,7	200	880	440

## Продолжение приложения 2

Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Состав	Элемент леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Тип леса	Полнота	Запас на выделе, м <sup>3</sup>		
											на 1 га	Общий на выделе	В т.ч. по породам
	-	-	-	Б	56	16	18	-	-	-	-	-	264
	-	-	-	Л	56	13	20	-	-	-	-	-	176
45	28	0,9	5С5Л	С	46	14	16	3	СЗ	0,4	90	81	41
	-	-	-	Л	46	13	14	-	-	-	-	-	40
45	29	2,1	8С2Л	С	46	12	16	3	СЗ	0,8	150	315	252
	-	-	-	Л	46	11	12	-	-	-	-	-	63
46	20	1,6	10Л	Л	41	15	18	1	Л	0,4	100	160	160
58	56	1,0	10Л	Л	13	2	4	4	Л	0,4	10	10	10
102	28	0,4	10Л	Л	35	13	14	2	Л	0,8	160	64	64
Итого		8,7											<b>1988</b>
<b>Сабанкульское лесничество</b>													
8	3	14,7	10Л	Л	32	8	10	3	Л	0,7	80	1176	1176
8	4	7,3	10Л+С	Л	32	8	12	3	Л	0,7	80	584	584
9	4	21,5	10Л	Л	32	8	12	3	Л	0,7	80	1720	1720
17	1	2,9	10Л	Л	32	10	14	2	Л	0,7	100	290	290
28	2	7,6	10Л	Л	31	7	10	4	Л	0,4	40	304	304
29	12	30,0	8С2Л	С	31	10	14	2	СЗ	0,4	60	1800	1440
	-	-	-	Л	31	10	14	-	-	-	-	-	360
32	2	10,5	7С1Л2Б	С	31	7	12	4	СЗ	0,4	40	520	294
	-	-	-	Л	31	7	12	-	-	0,4	40	-	42
	-	-	-	Б	31	6	10	-	-	-	-	-	84
32	4	5,0	9С1Л	С	31	10	14	2	СЗ	0,4	60	420	270
	-	-	-	Л	31	10	14	-	-	-	-	-	30
34	14	20,0	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	2000	2000

34	22	14,0	10Л	Л	31	10	16	2	Л	0,4	60	840	840
35	1	5,3	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	530	530
39	19	17,0	10Л	Л	38	12	16	3	Л	0,8	150	2550	2550
39	55	0,9	10Л	Л	24	4	8	4	Л	0,4	20	18	18
40	1	1,6	10Л	Л	38	14	18	2	Л	0,8	180	288	288
43	31	0,9	5Л5Б	Л	38	14	18	3	Л	1,0	220	198	99
	-	-	-	Б	38	14	16	-	-	-	-	-	99
44	28	0,2	6С4Л	С	59	18	22	2	С3	0,7	230	46	28
	-	-	-	Л	59	18	24	-	-	-	-	-	18
44	29	0,1	6С4Л	С	59	18	22	2	С3	0,7	230	23	14
	-	-	-	Л	59	19	24	-	-	-	-	-	9
45	3	2,1	5Л5Б	Л	38	14	18	2	Л	0,7	160	336	168
	-	-	-	Б	38	14	16	-	-	-	-	-	168
46	29	0,6	5С5Л	С	59	20	24	1	С3	0,7	260	156	78
	-	-	-	Л	59	20	24	-	-	-	-	-	78
46	35	0,4	5С5Б	С	54	18	24	1	С3	0,7	230	92	46
	-	-	-	Л	54	18	24	-	-	-	-	-	46
46	44	0,1	5С5Л	С	59	17	22	2	С3	0,7	210	21	10
	-	-	-	Л	59	18	22	-	-	-	-	-	11
46	3	0,1	5С5Л	С	54	20	24	1	С3	0,7	260	26	13
	-	-	-	Л	54	20	24	-	-	-	-	-	13
47	1	1,1	10Л	Л	31	6	10	4	Л	0,4	30	33	33
47	8	10	10Л	Л	31	5	10	5	Л	0,4	30	300	300
47	23	3,5	10Л	Л	31	7	12	4	Л	0,4	40	140	140
47	26	0,2	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,5	70	14	14
47	28	0,7	10Л	Л	31	7	10	4	Л	0,4	40	28	28
47	30	2,3	10Л	Л	31	6	10	4	Л	0,4	30	69	69
48	11	1,5	10Л	Л	30	7	10	4	Л	0,7	70	105	105
48	27	0,3	10Л	Л	31	8	14	3	Л	0,4	40	12	12



## Продолжение приложения 2

Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Состав	Элемент леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Тип леса	Полнога	Запас на выделе, м <sup>3</sup>		
											на 1 га	Общий на выделе	В т.ч. по породам
48	28	3,7	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,8	120	444	444
48	31	3,1	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	310	310
48	38	1,7	10Л	Л	31	8	12	3	Л	0,4	40	68	68
48	41	1,5	10Л	Л	33	12	16	1	Л	0,7	130	195	195
48	46	3,3	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	330	330
49	47	0,9	5С5Л	С	38	13	16	2	СЗ	0,7	150	135	68
	-	-	-	Л	38	13	16	-	-	-	-	-	67
50	28	1,8	5С5Л	С	38	13	18	2	СЗ	0,8	170	306	153
	-	-	-	Л	38	13	18	-	-	-	-	-	153
53	1	1,2	10Л	Л	31	6	10	4	Л	0,4	30	36	36
53	3	5,1	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	510	510
53	5	6,6	10Л	Л	31	11	14	2	Л	0,7	110	726	726
53	11	7,0	10Л	Л	31	10	16	2	Л	0,7	100	700	700
53	15	6,8	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	680	680
53	18	3,1	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	310	310
53	23	5,8	10Л	Л	33	10	14	2	Л	0,7	100	580	580
53	25	4,4	10Л	Л	31	6	12	4	Л	0,4	30	132	132
53	28	6,4	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,9	130	832	832
53	32	10,0	10Л	Л	31	12	16	1	Л	0,8	150	1500	1500
53	37	3,0	10Л	Л	31	12	16	1	Л	0,6	110	330	330
53	39	1,9	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	190	190
58	10	2,2	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	220	220
58	12	4,2	10Л	Л	31	10	12	2	Л	0,7	100	420	420
58	27	4,2	10Л	Л	31	12	14	1	Л	0,9	160	672	672

## Продолжение приложения 2

Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Состав	Элемент леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Тип леса	Полнога	Запас на выделе, м <sup>3</sup>		
											на 1 га	Общий на выделе	В т.ч. по породам
58	36	8,1	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,6	90	729	729
58	38	5,0	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	500	500
58	40	4,2	10Л	Л	31	12	14	1	Л	0,9	160	672	672
58	50	3,3	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	330	330
58	56	5,7	10Л	Л	30	10	14	2	Л	0,5	70	399	399
59	1	0,1	10Л	Л	31	12	16	1	Л	0,6	110	11	11
59	3	0,2	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,9	130	26	26
59	26	0,5	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,4	60	30	30
59	28	0,5	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	50	50
59	30	0,4	10Л	Л	31	12	16	1	Л	0,9	160	64	64
59	32	0,5	10Л	Л	31	10	14	2	Л	0,7	100	50	50
59	36	1,3	10Л	Л	30	10	14	2	Л	0,4	60	78	78
63	5	0,7	10Л	Л	30	12	14	1	Л	0,8	150	105	105
63	6	0,9	10Л	Л	30	10	14	2	Л	0,4	60	54	54
63	10	4,0	10Л	Л	33	10	14	2	Л	0,5	70	280	280
63	32	0,8	10Л	Л	30	8	12	3	Л	0,4	40	32	32
63	33	0,6	10Л	Л	30	10	14	2	Л	0,5	70	42	42
63	36	0,1	8Л2Б	Л	30	10	14	2	Л	0,5	70	7	6
	-	-	-	Б	30	10	14	-	-	-	-	-	1
64	2	1,4	10Л	Л	30	10	14	2	Л	0,4	60	84	84
64	4	3,0	10Л	Л	30	10	14	2	Л	0,4	60	180	180
64	35	2,6	10Л	Л	30	10	14	2	Л	0,6	90	234	234
69	2	7,0	8Л2Б	Л	33	10	14	2	Л	0,5	70	490	392
	-	-	-	Б	33	10	14	-	-	-	-	-	98

## Продолжение приложения 2

Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Состав	Элемент леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Тип леса	Полнога	Запас на выделе, м <sup>3</sup>		
											на 1 га	Общий на выделе	В т.ч. по породам
69	4	7,0	9Л1Б	Л	33	8	12	3	Л	0,4	40	280	252
	-	-	-	Б	33	8	10	-	-	-	-	-	28
69	6	7,0	9Л1Б	Л	33	8	12	3	Л	0,4	40	280	252
	-	-	-	Б	33	8	10	-	-	-	-	-	28
69	12	4,7	6Л4С	Л	33	7	10	4	Л	0,4	40	188	113
	-	-	-	С	33	7	10	-	-	-	-	-	75
69	25	1,3	9Л1Б	Л	33	8	12	3	Л	0,5	60	78	70
	-	-	-	Б	33	8	12	-	-	-	-	-	8
69	27	1,3	9Л1Б	Л	33	8	12	3	Л	0,5	60	78	70
	-	-	-	Б	33	8	10	-	-	-	-	-	8
69	29	1,7	9Л1Б	Л	33	7	12	4	Л	0,4	40	68	61
	-	-	-	Б	33	7	10	-	-	-	-	-	7
69	31	2,8	10Л	Л	33	8	12	3	Л	0,4	40	112	112
70	1	4,0	10Л	Л	33	8	12	3	Л	0,6	70	280	280
70	3	4,5	10Л	Л	33	8	12	3	Л	0,7	80	360	360
70	5	4,2	10Л	Л	33	10	14	2	Л	0,6	90	378	378
70	8	2,9	10Л	Л	33	10	12	2	Л	0,8	120	348	348
70	10	6,2	10Л	Л	33	10	14	2	Л	0,8	100	620	620
70	17	0,9	5Л5С	Л	33	8	12	3	Л	0,4	40	36	18
	-	-	-	С	33	8	12	-	-	-	-	-	18
75	10	2,4	10Л	Л	33	8	12	3	Л	0,5	60	144	144
76	3	2,6	6Л3Б1Б	Л	33	9	12	3	Л	0,5	60	156	93
	-	-	-	Б	23	6	10	-	-	-	-	-	47
	-	-	-	Б	33	9	12	-	-	-	-	-	16

## Продолжение приложения 2

Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Состав	Элемент леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Тип леса	Полнога	Запас на выделе, м <sup>3</sup>		
											на 1 га	Общий на выделе	В т.ч. по породам
76	5	3,6	9Л1Б	Л	33	8	12	3	Л	0,4	40	144	130
	-	-	-	Б	33	10	12	-	-	-	-	-	14
76	7	3,4	9Л1Б	Л	33	10	14	2	Л	0,5	70	238	214
	-	-	-	Б	33	10	14	-	-	-	-	-	24
76	9	3,2	10Л	Л	33	8	12	3	Л	0,5	60	192	192
76	11	3,4	10Л	Л	33	7	12	4	Л	0,4	40	136	136
76	13	3,4	10Л	Л	33	8	12	3	Л	0,4	40	136	136
76	15	5,0	10Л	Л	33	9	12	3	Л	0,4	50	250	250
81	27	0,4	10Л	Л	36	14	18	2	Л	0,7	160	64	64
81	28	1,3	10Л	Л	36	12	20	3	Л	0,4	70	91	91
81	30	2,3	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,7	140	322	322
85	26	0,6	10Л	Л	36	15	18	1	Л	0,9	220	132	132
85	29	1,6	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,7	140	224	224
85	31	1,4	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,8	160	224	224
86	11	5,9	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,8	160	944	944
86	13	3,5	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,7	140	490	490
86	15	2,2	10Л	Л	36	11	16	3	Л	0,4	60	132	132
86	17	2,4	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,5	100	240	240
86	19	1,0	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,6	120	120	120
86	22	0,6	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,9	180	108	108
87	8	1,2	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,4	80	96	96
87	10	0,9	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,4	80	72	72
87	12	1,2	10Л	Л	36	13	18	2	Л	0,7	140	168	168
90	11	0,1	10Л	Л	36	13	16	2	Л	0,7	140	14	14

## Продолжение приложения 2

Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Состав	Элемент леса	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Тип леса	Полнота	Запас на выделе, м <sup>3</sup>		
											на 1 га	Общий на выделе	В т.ч. по породам
93	29	2,8	10Л	Л	34	12	14	1	Л	0,9	160	448	448
95	6	2,2	10Л	Л	34	12	16	1	Л	0,9	160	352	352
95	8	2,2	5С5Л	С	34	12	16	1	СЗ	0,8	150	330	165
	-	-	-	Л	34	12	16	-	-	-	-	-	165
95	12	1,8	10Л	Л	34	12	16	1	Л	0,9	160	288	288
95	14	1,0	10Л	Л	34	13	16	1	Л	0,7	140	140	140
102	27	1,2	10Л	Л	28	8	12	3	Л	0,5	60	72	72
103	6	0,1	8Л2С	Л	28	8	12	3	Л	0,8	90	9	7
	-	-	-	С	28	8	12	-	-	-	-	-	2
103	7	1,6	6Л4С	Л	28	9	12	3	Л	0,4	50	80	48
	-	-	-	С	28	8	12	-	-	-	-	-	32
103	14	1,1	8С2Л	С	28	10	14	2	СЗ	0,7	100	110	88
	-	-	-	Л	28	10	14	-	-	-	-	-	22
107	24	0,2	9Л1С	Л	21	4	8	4	Л	0,4	20	4	4
	-	-	-	С	21	4	8	-	-	-	-	-	
107	25	0,7	8Л2С	Л	29	7	12	4	Л	0,6	60	42	34
	-	-	-	С	29	7	12	-	-	-	-	-	8
Итого		385,2											<b>34877</b>

База данных о фитомассе деревьев лиственницы (род *Larix* L.)

№	Возраст, лет	Диаметр ствола $D_{1,3}$ , см	Высота дерева, м	Объем ствола, $dm^3$		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
Чехия, Брно, Бланско, Оломукани; широколиственные леса, лиственница европейская <i>Larix decidua</i> Mill. 49°19'с.ш., 16°40' в.д. (Vyskot, 1982)												
1	36	20,4	19,0	307,2	-	137,3	-	22,4	3,86	163,6	27,6	959
2	37	20,4	18,6	309,5	-	147,5	-	32,8	3,86	184,1	27,1	
3	36	20,7	19,9	362,4	-	156,4	-	26,7	3,58	186,7	32,8	
4	37	19,1	21,0	320,9	-	250,4	-	15,4	3,26	269,1	34,9	
5	37	20,7	19,7	362,9	-	155,4	-	17,5	3,66	176,5	26,2	
6	36	7,6	12,5	35,1	-	16,19	-	1,293	0,295	17,78	2,23	
7	37	7,1	11,8	32,6	-	16,83	-	0,801	0,114	17,75	3,22	
8	36	7,2	12,5	34,1	-	16,48	-	1,510	0,228	18,22	2,16	
9	36	7,5	12,1	45,8	-	19,76	-	1,580	0,217	21,56	1,66	
10	36	7,3	9,8	28,6	-	14,71	-	1,454	0,155	16,32	1,95	
11	38	13,5	14,9	120,1	-	51,26	-	8,645	2,022	61,93	12,45	
12	34	13,7	17,6	161,3	-	70,85	-	6,894	1,638	79,38	8,55	
13	34	12,8	15,4	117,6	-	51,54	-	5,344	0,884	57,77	15,0	
14	38	12,9	16,7	129,0	-	58,93	-	6,285	0,764	65,98	10,96	
15	39	13,3	17,2	130,5	-	54,93	-	7,823	1,427	64,18	10,97	
16	140	72,9	34,0	6276	-	1964,6	-	448,25	35,09	2447,9	768,4	-

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
Швейцария, Майенфельд, Визен; широколиственные леса, лиственница европейская <i>Larix decidua</i> Mill. 47°00'с.ш., 09°00' в.д. (Burger, 1945)												
17	50	20,5	18,5	301	-	144,6	-	11,2	1,97	157,8	-	1362
18	105	43,8	30,0	1811	-	779,3	-	80,6	8,47	868,4	-	222
19	210	47,8	31,5	2254	-	875,7	-	98,4	9,89	984,0	-	185
Архангельская область, Обозерская; северная тайга, лиственница Сукачёва <i>Larix sukaczewii</i> N.Dyl. 64°00'с. ш., 39°30' в. д. (Молчанов, 1971)												
20	21	2	-	0,77	-	0,37	0,21	0,80	0,31	1,48	0,14	10209
21	21	4	-	3,45	-	1,66	0,63	2,20	1,10	4,96	0,58	
22	21	6	-	12,7	-	6,10	0,95	9,80	2,30	18,2	1,78	
23	21	8	-	22,0	-	10,6	1,38	12,1	3,60	26,3	2,81	
24	21	10	-	36,2	-	17,4	1,68	15,4	4,10	36,9	4,90	
25	21	12	-	53,7	-	25,8	2,08	16,2	4,80	46,8	5,98	
26	40	6	-	9,0	-	4,8	1,3	4,7	0,30	9,8	1,73	4800
27	40	8	-	12,8	-	6,8	1,8	6,0	0,50	13,3	3,98	
28	40	10	-	34,0	-	18,0	3,5	8,7	2,00	28,7	6,18	
29	40	12	-	53,8	-	28,5	5,2	10,6	4,10	43,2	8,34	
30	40	16	-	128,5	-	68,1	10,6	30,0	6,00	104,1	10,43	
31	40	20	-	226,5	-	120,0	19,8	43,0	7,00	170,0	13,61	
32	40	24	-	468,0	-	248,0	28,5	69,0	12,0	329,0	16,44	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
33	51	8	-	7,7	-	4,4	1,4	1,2	0,40	6,0	4,15	4350
34	51	10	-	28,7	-	16,5	3,6	3,7	1,40	21,6	6,34	
35	51	12	-	44,1	-	25,3	4,1	7,0	2,30	34,6	8,56	
36	51	16	-	174	-	100,0	8,4	21,9	7,40	129,3	10,59	
37	51	20	-	348	-	200,0	16,0	38,0	15,0	253,0	14,18	
38	51	24	-	606	-	348,0	24,6	68,4	21,4	437,8	17,0	
39	51	28	-	836	-	480,0	28,0	93,5	25,2	598,7	20,1	
40	51	32	-	1181	-	678,0	34,9	133,9	39,4	851,3	24,1	
41	82	16	-	164	-	100	10,3	6,0	5,0	111,0	11,14	1309
42	82	20	-	344	-	210	20,8	16,8	11,2	238,0	14,63	
43	82	24	-	570	-	348	28,5	39,3	18,2	405,5	17,13	
44	82	28	-	787	-	480	39,5	63,0	26,4	569,4	20,6	
45	82	32	-	1111	-	678	43,4	91,0	29,1	798,1	24,4	
46	82	36	-	1410	-	860	49,4	121,0	36,2	1017,2	28,1	
47	82	40	-	1797	-	1096	61,8	148,0	44,1	1288,1	34,1	
48	82	44	-	2182	-	1331	70,4	187,0	51,2	1569,2	38,1	
49	120	20	-	349	-	220	20,0	8,82	7,84	236,7	11,64	832
50	120	24	-	552	-	348	28,5	29,9	11,6	389,5	13,93	
51	120	28	-	762	-	480	38,6	52,0	16,5	548,5	16,98	
52	120	32	-	1076	-	678	43,0	75,6	21,3	774,9	21,8	



## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
53	120	36	-	1365	-	860	49,3	105,2	25,8	991,0	25,6	
54	120	40	-	1740	-	1096	61,8	152,7	30,3	1279,0	28,8	
55	120	44	-	2113	-	1331	70,1	183,0	35,0	1549,0	36,1	
56	120	48	-	2565	-	1616	80,5	216,0	39,0	1871,0	40,6	
57	120	52	-	3027	-	1907	90,4	252,0	45,0	2204,0	47,5	
58	220	20	-	327	-	220	20,0	14,9	2,7	237,6	11,93	403
59	220	24	-	518	-	348	28,5	20,7	5,9	374,6	14,95	
60	220	28	-	714	-	480	38,6	24,7	12,9	517,6	17,5	
61	220	32	-	1009	-	678	43,0	46,8	16,2	741,0	22,3	
62	220	36	-	1280	-	860	49,3	80,4	19,8	960,2	27,9	
63	220	40	-	1631	-	1096	61,8	124,0	24,3	1244,3	32,5	
64	220	44	-	1981	-	1331	70,1	180,0	28,2	1539,2	42,6	
65	220	48	-	2405	-	1616	80,5	218,0	29,8	1863,8	49,3	
66	220	52	-	2838	-	1907	90,4	258,0	36,2	2201,2	53,6	
67	220	56	-	3167	-	2128	101,8	308,0	46,2	2482,2	60,8	
68	220	60	-	3840	-	2580	118,0	365,0	56,8	3001,8	68,7	
69	220	64	-	5039	-	3386	125,6	425	66,3	3877,3	90,1	
Московская область, Красная Пахра; хвойно-широколиственные леса, лиственница европейская <i>Larix decidua</i> Mill. 55°20'с.ш., 37°00' в.д. (Дылис, Носова, 1977)												
70	70	35,0	28,0	-	-	611,2	74,7	90,1	14,5	715,8	-	-

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола $D_{1,3}$ , см	Высота дерева, м	Объем ствола, $дм^3$		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
Костромская область, Макарьев; южная тайга, лиственница Сукачёва <i>Larix sukaczewii</i> N.Dyl. 57°50'с.ш., 43°50' в.д. (Поликарпов, 1962)												
71	10	1,0	2,3	-	-	0,12	-	0,05	0,04	0,21	0,03	43320
72	10	2,0	3,0	-	-	0,37	-	0,14	0,09	0,60	0,09	
73	10	3,0	3,8	-	-	1,0	-	0,34	0,21	1,55	0,27	
74	10	4,0	4,4	-	-	1,7	-	0,80	0,40	2,9	0,38	
75	10	5,0	4,9	-	-	3,0	-	1,4	0,70	5,1	0,61	
76	10	6,0	5,4	-	-	5,1	-	2,4	1,2	8,7	1,10	
77	21	2,0	4,0	-	-	0,46	-	0,03	0,02	0,51	0,03	33330
78	21	4,0	6,8	-	-	2,1	-	0,20	0,13	2,43	0,26	
79	21	6,0	8,8	-	-	6,5	-	0,90	0,60	8,00	0,80	
80	21	8,0	10,1	-	-	10,6	-	1,5	0,9	13,0	1,8	
81	21	10,0	11,1	-	-	17,2	-	2,6	1,6	21,4	3,4	
82	21	12,0	11,7	-	-	25,8	-	4,2	2,3	32,9	6,1	
83	21	14,0	12,2	-	-	36,3	-	7,2	3,6	47,1	10,4	21750
84	21	2,0	4,0	-	-	-	-	-	0,03	0,53	0,04	
85	21	4,0	6,8	-	-	-	-	-	0,13	2,33	0,30	
86	21	6,0	8,2	-	-	-	-	-	0,60	7,0	1,09	
87	21	8,0	9,0	-	-	-	-	-	1,0	12,2	2,6	
88	21	10,0	9,3	-	-	-	-	-	1,7	19,9	5,2	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
Марийская республика; хвойно-широколиственные леса, культуры лиственницы Сукачёва <i>Larix sukaczewii</i> N.Dyl. 56°40'с.ш., 48°10' в.д. (Карасёва, 2003)												
89	10	8,3	7,8	-	-	6,1	-	2,64	0,79	9,53	-	1500
90	10	5,1	6,1	-	-	4,1	-	1,55	0,42	6,07	-	
91	10	3,1	3,6	-	-	1,32	-	0,32	0,14	1,78	-	
92	40	19,3	18,5	-	-	107,8	-	11,44	4,14	123,4	-	900
93	40	16,0	17,5	-	-	46,4	-	11,08	1,81	59,3	-	
94	40	12,3	15,4	-	-	28,8	-	6,66	1,33	36,8	-	
Тургайский прогиб, засушливая степь; культуры лиственницы Сукачёва <i>Larix sukaczewii</i> N.Dyl. 53°30'с.ш., 64°30' в.д. (Усольцев и др., 2013)												
95	39	23,0	17,8	424,8	63,41	208,7	30,92	17,67	4,540	230,9	-	1516
96	40	16,0	15,85	186,6	32,16	77,21	9,45	10,74	2,130	90,08	-	
97	40	18,0	16,6	225,0	52,72	123,5	20,64	9,810	2,250	135,6	-	
98	37	11,0	14,8	88,41	18,76	32,59	4,07	2,800	0,440	35,83	-	
99	38	6,2	7,9	15,9	2,88	8,23	2,19	1,860	0,250	10,34	-	
100	38	13,0	14,4	86,3	17,9	40,06	7,59	4,410	0,970	45,44	-	
101	38	9,6	12,5	49,91	10,6	21,81	3,92	2,980	0,680	25,47	-	
102	42	28,0	16,8	507,4	99,42	225,0	25,67	30,46	8,270	263,8	-	811
103	40	24,0	17,25	385,4	67,27	163,5	14,29	26,72	7,060	197,3	-	
104	40	20,0	15,9	257,3	43,3	126,5	17,62	17,67	3,630	147,8	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
105	40	17,0	15,6	180,3	42,42	93,99	14,58	9,380	2,920	106,3	-	
106	40	12,0	11,2	65,74	17,26	29,08	4,73	1,370	0,740	31,19	-	
107	35	10,0	12,25	58,99	11,07	28,34	4,21	2,310	0,700	31,35	-	
108	35	10,3	11,7	50,19	12,35	18,17	2,35	1,900	0,670	20,74	-	
109	26	7,0	9,03	20,84	5,47	9,37	1,98	0,920	0,530	10,82	-	1600
110	40	16,0	15,6	146,4	27,87	67,27	10,07	5,010	1,670	73,95	-	
111	40	27,0	17,3	452,2	77,04	210,2	27,94	30,27	16,87	257,4	-	
112	40	23,1	17,3	322,7	71,71	147,4	25,91	12,55	5,080	165,0	-	
113	40	21,0	16,6	293,1	59,66	134,9	21,64	11,53	5,420	151,9	-	
114	35	11,0	14,2	65,0	13,8	29,88	5,00	1,970	0,570	32,42	-	
115	42	15,0	15,8	152,3	38,76	69,01	14,04	3,980	1,730	74,72	-	
116	40	22,0	15,2	270,6	58,85	123,8	21,22	18,88	6,780	149,5	-	1633
117	40	25,5	17,5	398,8	76,31	184,3	27,75	37,70	12,43	234,4	-	
118	38	18,5	16,6	166,0	36,57	76,27	13,25	12,40	4,330	93,00	-	
119	38	16,5	14,2	143,3	27,98	66,07	10,12	11,81	3,920	81,80	-	
120	37	12,4	13,7	93,89	25,21	42,31	9,08	3,740	1,700	47,75	-	
121	37	9,5	12,9	45,72	9,88	29,94	3,58	1,00	0,420	31,36	-	
122	37	7,5	11,2	28,86	6,46	13,14	2,33	1,720	0,510	15,37	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
Ямало-Ненецкий национальный округ, низовья р. Пур; лесотундра, плакоры, лиственница сибирская <i>Larix sibirica</i> L. 67°00'с.ш., 78°00' в.д. (Усольцев, 2015)												
123	48	8,9	9,8	30,9	7,10	14,9	2,13	1,980	0,391	17,27	-	1740
124	45	10,2	9,33	36,5	8,00	17,7	2,40	3,890	1,320	22,91	-	550
125	47	7,3	6,37	13,9	4,20	6,46	1,26	1,590	0,525	8,58	-	
126	43	5,7	6,55	10,2	3,20	4,71	0,96	0,953	0,339	6,00	-	
127	44	4,5	4,64	5,2	1,40	2,46	0,42	0,725	0,236	3,42	-	
128	44	4,2	4,4	3,0	1,10	1,35	0,33	0,586	0,131	2,07	-	
129	39	2,3	2,87	1,3	0,46	0,588	0,138	0,291	0,104	0,98	-	
130	103	11,0	9,86	47,5	18,7	21,1	5,61	2,540	0,664	24,30	-	
131	113	12,2	9,84	53,2	22,6	23,2	6,78	2,240	0,478	25,92	-	
132	101	13,5	10,6	70,7	31,7	30,4	9,51	2,290	0,602	33,29	-	
133	110	15,5	9,56	90,2	37,1	39,6	11,10	10,40	1,257	51,26	-	
134	78	7,6	7,1	17,7	7,4	7,74	2,22	1,060	0,286	9,09	-	
135	105	10,4	10,3	48,0	17,7	21,5	5,31	3,860	0,865	26,23	-	
136	106	9,0	7,86	27,6	10,5	12,3	3,15	2,140	0,450	14,89	-	
137	100	16,8	11,3	123,0	45,2	55,3	13,60	8,270	3,070	66,64	-	667
138	100	14,7	9,3	69,0	30,3	29,8	9,09	4,170	1,210	35,18	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
139	100	20,0	11,7	191,2	88,6	81,6	26,60	12,300	4,450	98,35	-	
140	100	12,5	10,6	67,2	22,8	30,6	6,84	2,170	1,210	33,98	-	
141	100	14,8	9,3	85,4	33,9	37,8	10,20	8,300	3,810	49,91	-	
142	100	7,8	7,1	17,6	6,5	7,9	1,95	2,210	0,875	10,99	-	
143	100	14,8	13,1	118,0	39,6	53,9	11,90	10,20	2,650	66,75	-	
144	100	5,3	6,9	9,0	2,2	4,3	0,66	0,859	0,326	5,49	-	798
145	100	11,2	10,2	49,5	15,7	22,8	4,71	-	-	-	-	
146	100	10,9	9,5	44,4	14,2	20,5	4,26	3,270	0,988	24,76	-	
147	100	12,2	9,0	49,3	15,2	22,9	4,56	6,540	1,560	31,00	-	
148	100	24,9	13,0	297,8	98,9	136,3	29,7	45,30	7,220	188,8	-	
149	100	13,9	9,4	72,1	23,0	33,2	6,90	6,310	1,140	40,65	-	
150	100	9,0	8,4	30,9	12,5	13,6	3,75	1,650	0,436	15,69	-	
Ямало-Ненецкий национальный округ, низовья р. Пур; лесотундра, пойма, лиственница сибирская <i>Larix sibirica</i> L. 66°30'с.ш., 78°00' в.д. (Нагимов и др., 2013; Усольцев, 2015)												
151	380	22,7	20,6	373,0	68,0	154,6	20,39	13,90	2,420	170,9	-	484
152	350	24,7	21,2	530,0	127,0	244,5	38,11	18,50	2,780	265,8	-	
153	365	18,2	18,0	235,0	54,0	122,3	16,27	7,310	1,80	131,4	-	
154	285	15,0	16,6	161,0	43,0	104,7	12,99	3,590	2,150	110,4	-	
155	180	9,8	14,2	69,0	17,0	31,7	5,26	0,990	0,855	33,55	-	
156	107	9,8	14,9	63,0	17,0	28,4	4,85	1,480	0,226	30,11	-	438

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
157	83	17,2	18,6	230,0	72,0	101,0	21,40	9,530	2,050	112,6	-	
158	92	29,6	21,7	713,0	181,0	324,9	54,40	57,60	7,080	389,6	-	
159	99	21,7	20,3	373,0	68,0	154,9	20,50	12,50	3,270	170,7	-	
160	98	14,8	17,0	151,0	40,0	118,9	12,10	4,340	1,430	124,7	-	
161	99	11,5	15,3	82,0	14,0	39,0	4,27	1,010	0,338	40,35	-	
162	260	30,8	22,4	792,0	219,0	373,0	65,70	11,95	3,690	388,6	-	944
163	270	38,0	24,8	1331,0	477,0	601,0	143,0	62,90	4,620	668,5	-	
164	260	20,0	19,7	299,0	76,0	142,5	22,9	10,30	2,670	155,5	-	
165	250	13,3	15,4	99,4	25,0	47,40	7,50	3,650	0,494	51,54	-	
166	250	30,2	23,1	799,0	262,0	390,0	48,8	25,00	6,30	421,3	-	
167	255	20,0	19,1	283,0	78,0	133,1	23,4	7,170	1,880	142,2	-	1329
168	45	15,0	14,3	137,5	25,5	67,70	7,62	7,360	1,310	76,37	-	
169	45	14,2	14,8	113,7	20,6	56,10	6,18	4,930	1,00	62,03	-	
170	45	16,7	17,1	179,3	38,3	87,10	11,4	7,830	1,470	96,40	-	
171	45	6,9	9,0	19,6	4,9	9,35	1,47	1,530	0,184	11,06	-	
172	45	10,7	12,0	52,5	14,1	24,80	4,23	2,470	0,494	27,76	-	5188
173	44	13,0	13,9	94,5	19,8	45,90	5,94	5,790	1,270	52,96	-	
174	25	9,0	9,1	28,0	7,5	13,20	2,25	2,00	0,820	16,02	-	
175	27	8,2	8,0	21,0	6,0	9,84	1,80	2,050	0,737	12,63	-	
176	30	7,0	8,05	15,4	3,9	7,33	1,17	0,90	0,293	8,523	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
177	28	5,8	7,33	9,9	2,7	4,67	0,81	0,731	0,205	5,606	-	
178	29	4,9	6,67	7,4	1,8	3,54	0,54	0,930	0,257	4,727	-	
179	25	4,0	5,94	4,5	1,4	2,08	0,42	0,442	0,26	2,791	-	
180	26	3,0	4,66	1,9	0,6	0,88	0,18	0,189	0,125	1,194	-	
181	25	2,3	4,05	1,3	0,4	0,63	0,15	0,128	0,049	0,807	-	
182	29	10,9	9,5	48,2	16,2	22,0	4,86	3,450	1,240	26,69	-	10740
183	27	7,0	7,79	16,2	4,9	7,53	1,47	0,792	0,410	8,732	-	
184	30	5,0	6,87	7,7	2,3	3,58	0,69	0,480	0,210	4,270	-	
185	29	3,0	5,57	2,4	1,0	1,05	0,30	0,043	0,015	1,108	-	
186	29	8,5	8,5	25,1	5,9	12,10	1,77	2,30	0,968	15,37	-	
187	30	6,3	7,85	13,6	3,6	6,44	1,08	0,651	0,398	7,489	-	
188	91	23,2	18,2	393,0	72,0	194,0	21,6	18,10	3,220	215,3	-	2100
189	74	4,3	7,18	6,2	2,0	2,85	0,60	0,164	0,187	3,201	-	
190	79	7,7	9,9	28,4	8,8	13,10	2,64	0,610	0,198	13,91	-	
191	73	12,8	12,8	79,1	21,3	37,40	6,39	3,990	1,290	42,68	-	
192	77	16,5	15,3	164	45,6	77,20	13,7	9,150	1,840	88,19	-	
193	78	19,2	15,35	221	71,6	101,6	21,5	11,80	3,820	117,2	-	
194	54	12,2	13,6	77,3	26,4	35,20	7,92	2,110	0,770	38,08	-	7050
195	49	14,3	15,0	118,8	21,8	58,60	6,60	5,110	1,950	65,66	-	
196	46	10,2	12,2	49,2	14,0	23,10	4,20	1,620	0,630	25,35	-	



## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
197	48	7,6	11,0	25,0	8,4	11,40	2,52	0,630	0,350	12,38	-	
198	44	6,2	11,2	17,3	4,3	8,26	1,29	0,350	0,163	8,773	-	
199	40	4,3	7,8	6,3	1,8	2,95	0,54	0,200	0,094	3,244	-	
200	40	2,1	5,23	1,3	0,5	0,55	0,12	0,030	0,015	0,597	-	
201	242	25,6	18,7	455,0	112,0	218,0	33,6	11,80	2,760	232,55	-	1195
202	234	23,1	18,4	367,0	130,0	166,0	39,1	9,900	2,910	178,8	-	
203	255	20,2	16,5	257,0	112,0	111,0	33,7	3,780	1,380	116,2	-	
204	218	15,0	15,4	152,0	50,0	69,50	14,9	3,810	1,470	74,78	-	8555
205	200	10,1	12,2	62,8	17,7	29,50	5,31	0,468	0,189	30,16	-	
206	27	12,0	9,95	52,8	12,3	25,40	3,69	5,630	1,570	32,60	-	
207	29	8,0	9,1	24,8	6,2	11,80	1,86	1,430	0,565	13,80	-	
208	26	4,0	7,22	5,5	1,1	2,69	0,33	0,200	0,103	2,993	-	7167
209	24	2,2	4,27	1,4	0,6	0,61	0,18	0,097	0,041	0,748	-	
210	27	10,4	10,5	42,5	8,3	20,80	2,49	2,080	0,950	23,83	-	
211	26	6,0	7,50	12,2	3,6	5,69	1,08	0,584	0,272	6,546	-	
212	77	14,0	12,4	101,2	33,3	46,40	10,0	6,080	1,170	53,65	-	7167
213	79	8,4	9,15	25,9	8,7	11,80	2,61	1,120	0,282	13,2	-	
214	74	4,8	6,7	7,10	2,7	3,17	0,81	0,327	0,153	3,650	-	
215	75	11,6	11,8	63,8	19,5	29,60	5,85	2,790	0,600	32,99	-	
216	76	10,1	10,6	41,8	14,7	18,90	4,41	2,20	0,470	21,570	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола $D_{1,3}$ , см	Высота дерева, м	Объем ствола, $дм^3$		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
217	74	6,2	8,85	15,3	5,3	7,0	1,60	0,517	0,110	7,627	-	
218	126	26,5	20,2	511,0	123,0	245,0	37,0	18,90	4,490	268,40	-	1825
219	117	22,9	20,5	414,0	125,0	192,0	37,3	17,30	4,830	214,1	-	
220	118	19,9	17,4	297,0	90,0	138,0	27,2	10,80	3,350	152,15	-	
221	117	16,3	15,0	150,0	53,9	67,80	16,3	5,670	1,580	75,05	-	
222	122	12,2	15,6	85,6	26,1	39,70	7,83	1,250	0,725	41,68	-	
223	114	9,0	13,5	42,9	12,4	20,0	3,72	0,777	0,217	20,99	-	
224	25	6,2	7,38	9,3	2,5	4,39	0,75	0,871	0,127	5,388	-	
225	26	10,2	10,5	38,9	12,2	18,0	3,66	2,960	1,00	21,96	-	
226	23	2,5	3,93	1,5	0,5	0,69	0,15	0,107	0,027	0,824	-	
227	26	11,9	10,4	53,9	13,8	25,60	4,14	4,890	1,480	31,97	-	
228	25	8,2	8,6	22,6	6,4	10,60	1,92	1,510	0,455	12,57	-	
229	24	4,3	7,01	6,3	1,70	2,98	0,51	0,556	0,168	3,704	-	
Хакасия, Шира; степь, лиственница сибирская <i>Larix sibirica</i> L. 54°25'с.ш., 90°00' в.д. (Литвинова и др., 2009)												
230	36	12,8	11,9	-	-	31,9	4,3	11,1	2,8	45,8	-	-
231	36	14,2	12,1	-	-	48,7	6,4	4,8	2,2	65,7	-	
232	36	12,2	11,2	-	-	34,7	4,3	9,0	1,6	45,3	-	
Якутия, долина р. Джанкы, северная тайга; лиственница Каяндера <i>Larix cajanderi</i> Mayr. 69°59'с. ш., 135°49' в. д. (Щепашенко, 2015)												
233	196	13,1	14,4	106,2	16,09	65,28	9,79	4,28	1,38	70,94	-	1463

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
234	155	15,4	11,6	104,9	20,57	64,47	12,51	1,94	0,629	67,04	-	
235	110	6,0	6,76	12,54	3,27	7,70	1,99	1,18	0,431	9,31	-	
236	44	2,7	3,82	1,89	0,54	1,16	0,33	0,42	0,153	1,73	-	
237	167	16,0	10,8	111,0	22,67	68,18	13,79	0,90	0,323	69,40	-	
238	76	7,0	6,23	15,31	5,06	9,39	3,08	2,97	0,951	13,31	-	
239	42	5,5	5,38	7,14	2,19	4,38	1,33	1,46	0,481	6,32	-	
240	270	14,7	12,5	116,7	18,79	71,76	11,4	0,95	0,307	73,01	-	
241	264	12,9	10,8	73,71	14,42	45,29	8,77	1,15	0,384	46,83	-	
242	136	7,6	6,35	17,66	3,63	10,85	2,21	2,95	0,914	14,71	-	
243	73	2,6	3,58	1,99	0,57	1,22	0,35	0,29	0,115	1,63	-	
244	67	7,9	6,27	18,00	4,04	11,06	2,46	2,21	0,730	14,00	-	
245	74	5,2	4,65	6,69	2,16	4,10	1,31	1,37	0,453	5,93	-	
246	145	11,5	9,58	51,82	10,49	31,84	6,38	1,63	0,537	34,01	-	
247	133	3,2	4,05	3,27	1,01	2,01	0,61	0,25	0,096	2,35	-	
248	49	3,4	5,20	3,30	0,98	2,03	0,60	0,42	0,161	2,61	-	
249	401	22,7	9,05	138,5	17,71	85,15	10,8	2,81	0,900	88,86	-	
250	300	5,4	4,08	8,37	2,34	5,14	1,42	1,43	0,460	7,03	-	
251	210	4,6	3,2	4,79	1,10	2,94	0,67	0,51	0,185	3,64	-	
252	-	10,7	7,85	46,62	7,14	28,66	4,34	0,67	0,213	29,55	-	
Там же. Северный склон (69°59'с. ш. и 135°48' в. д.)												

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола $D_{1,3}$ , см	Высота дерева, м	Объем ствола, $дм^3$		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
253	72	5,6	6,10	8,39	1,54	5,47	1,18	1,15	0,392	7,01	-	1061
254	124	6,0	5,70	10,08	2,68	6,55	1,92	2,21	0,727	9,49	-	
255	134	7,3	6,50	13,27	3,93	8,24	2,39	0,69	0,268	9,20	-	
256	132	3,9	4,35	4,52	1,35	2,84	0,86	0,11	0,047	3,00	-	
257	121	1,9	2,80	0,91	0,36	0,56	0,22	0,10	0,037	0,70	-	
258	60	4,2	4,80	4,61	1,56	2,86	0,95	0,80	0,279	3,94	-	
259	72	2,6	3,32	1,70	0,55	1,10	0,38	0,27	0,110	1,48	-	
260	63	7,1	6,90	16,11	4,52	9,76	2,5	2,37	0,778	12,90	-	
261	144	9,5	7,17	26,55	6,92	16,50	4,21	3,40	1,118	21,02	-	
262	125	7,2	6,78	15,77	3,92	9,25	1,83	1,09	0,376	10,71	-	
263	122	4,8	5,15	6,62	2,53	3,95	1,39	0,59	0,200	4,74	-	
264	44	4,6	5,15	5,54	1,48	3,44	0,90	2,34	0,749	6,53	-	
265	400	18,7	8,58	94,25	22,39	58,60	13,6	8,27	2,544	69,42	-	
266	91	14,1	10,0	61,09	12,06	38,03	7,34	13,3	4,122	55,40	-	
267	50	4,0	4,85	4,42	2,09	2,73	1,27	1,53	0,511	4,77	-	
268	71	2,8	3,34	1,59	0,37	0,99	0,23	0,59	0,199	1,78	-	
269	91	2,8	3,62	1,87	0,42	1,16	0,26	0,63	0,215	2,01	-	
270	173	5,2	5,70	8,59	1,87	5,34	1,14	0,98	0,344	6,67	-	
271	127	4,2	3,55	3,47	1,08	2,15	0,66	0,62	0,215	2,99	-	
272	75	4,3	4,35	5,09	1,61	3,16	0,98	0,68	0,235	4,07	-	
273	78	3,8	4,88	3,70	1,18	2,48	0,90	0,68	0,233	3,39	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола $D_{1,3}$ , см	Высота дерева, м	Объем ствола, $дм^3$		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
274	145	7,2	7,48	17,47	4,40	11,16	2,98	1,00	0,330	12,49	-	
275	142	21,0	14,8	240,4	49,02	149,6	29,8	14,0	4,351	168,0	-	
276	127	11,2	7,30	42,92	11,35	26,67	6,90	3,12	0,985	30,77	-	
277	109	2,7	2,50	1,42	0,44	0,88	0,27	0,14	0,054	1,08	-	
278	110	2,7	3,00	1,92	0,61	1,25	0,43	0,43	0,156	1,84	-	
Там же. Южный склон ( $70^{\circ}00'$ с. ш. и $135^{\circ}48'$ в. д.)												
279	147	18,9	11,8	137,5	24,67	81,83	15,0	21,8	6,748	110,4	-	1521
280	134	6,2	6,55	10,90	2,47	6,49	1,50	2,01	0,647	9,15	-	
281	154	12,2	11,6	89,12	10,41	52,93	6,33	7,80	2,444	63,17	-	
282	61	2,5	3,48	1,60	0,41	0,89	0,19	0,63	0,221	1,75	-	
283	131	13,3	11,3	85,20	17,70	50,73	10,8	8,98	2,804	62,51	-	
Там же. Плато ( $69^{\circ}58'$ с. ш. и $135^{\circ}48'$ в. д.)												
284	91	4,8	4,80	6,18	2,75	3,84	1,67	1,23	0,439	5,51	-	600
285	86	13,2	10,2	71,66	13,89	44,96	8,45	9,36	2,92	57,24	-	
286	81	3,5	3,65	3,17	1,17	1,98	0,71	0,70	0,255	2,93	-	
287	86	2,3	2,87	1,25	0,30	0,78	0,18	0,32	0,122	1,22	-	
288	92	12,3	10,2	62,10	13,02	38,94	7,92	8,47	2,67	50,08	-	
289	62	2,4	2,23	1,35	0,47	0,84	0,29	0,38	0,135	1,36	-	
290	84	10,0	7,67	25,36	7,54	15,85	4,59	2,96	0,954	19,76	-	
291	72	11,7	8,20	43,79	10,81	27,42	6,58	12,5	3,909	43,82	-	
292	73	7,4	7,11	16,29	3,62	10,21	2,20	3,79	1,217	15,22	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола $D_{1,3}$ , см	Высота дерева, м	Объем ствола, $дм^3$		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
293	85	10,4	8,50	37,40	6,56	23,48	3,99	7,57	2,395	33,45	-	
294	76	7,4	6,70	16,97	4,73	10,61	2,88	3,07	1,033	14,72	-	
295	68	6,4	6,57	13,33	3,58	8,34	2,18	1,95	0,674	10,96	-	
296	57	3,0	4,37	2,62	0,71	1,64	0,43	0,84	0,300	2,78	-	
297	-	1,8	2,67	0,94	0,30	0,59	0,18	0,62	0,230	1,44	-	
298	152	6,2	4,81	8,88	2,18	5,24	1,01	2,67	0,858	8,77	-	
Магаданская область, среднее течение р. Яна; северная тайга; лиственница Каяндера <i>Larix cajanderi</i> Mayr. 60°30'с. ш., 148°00' в. д. (Москалюк, 2015)												
299	202	52,8	30,0	2496,7	312,2	1204,0	167,0	117,5	16,07	1337,6	551,9	504
300	168	46,5	26,6	1936,0	243,9	929,0	133,0	142,1	23,43	1094,5	476,4	
301	125	34,8	27,5	1196,2	154,0	576,0	72,0	50,10	11,12	637,2	203,2	
302	116	26,0	23,6	764,0	107,7	318,3	50,3	47,80	12,30	378,4	180,4	
303	120	25,3	22,4	605,6	14,0	286,6	38,6	36,70	6,61	329,9	149,9	
304	-	15,0	19,6	147,4	18,1	72,4	8,9	8,5	2,0	82,90	-	
305	147	12,7	13,8	77,6	-	37,6	5,6	7,21	1,85	46,66	154,8	
306	104	7,5	9,9	28,3	-	16,2	1,2	1,33	0,35	17,88	27,93	
307	235	43,6	26,5	1546,6	136,8	755,97	63,90	80,14	10,30	846,4	-	627
308	225	36,0	25,5	1214,3	100,1	593,72	46,76	41,06	6,40	641,2	325,1	
309	202	24,0	21,4	385,6	27,0	188,65	12,61	40,40	6,10	235,1	79,02	
310	197	18,0	16,5	-	-	120,25	9,25	11,50	3,30	135,0	81,51	
311	120	12,8	11,5	72,3	8,5	35,29	3,97	4,16	0,95	40,40	24,06	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
312	127	6,0	6,6	16,9	2,6	9,51	1,21	2,10	1,10	12,71	38,27	
313	107	4,9	4,6	2,2	0,5	1,06	0,23	2,07	0,08	3,21	-	
314	195	31,7	17,1	608,1	48,1	297,37	22,47	14,98	2,51	314,9	-	860
315	193	23,3	17,6	385,2	29,8	188,42	13,92	11,39	2,79	202,6	108,9	
316	198	18,3	15,6	206,1	13,2	100,89	6,19	6,05	1,04	108,0	59,25	
317	191	12,9	10,5	73,9	9,2	36,06	4,30	2,89	0,58	39,60	54,06	
318	194	6,8	7,3	14,9	1,6	7,25	0,75	1,23	0,39	8,87	31,43	
319	137	3,9	3,8	-	-	0,88	0,11	0,68	0,07	1,66	-	
320	261	25,2	13,7	291,6	31,2	142,39	14,99	20,01	6,15	168,5	69,93	
321	230	20,0	15,2	232,9	38,0	113,43	17,75	7,91	1,74	123,1	51,02	394
322	205	14,0	9,5	69,6	8,9	33,96	4,16	7,60	1,5	43,06	33,43	
323	171	10,4	7,3	29,9	3,7	14,59	1,73	3,70	1,0	19,29	12,18	
324	128	4,2	1,9	-	-	3,97	0,47	2,02	0,09	6,08	-	
325	95	27,0	18,4	390,6	54,0	187,7	25,2	116,6	12,68	317,0	180,7	250
326	66	26,5	19,4	452,6	51,4	220,9	24,0	30,61	9,22	260,7	-	
327	78	20,5	18,1	283,9	37,5	138,5	17,5	32,71	7,29	178,5	100,1	
328	62	17,5	15,8	175,2	22,3	85,5	10,4	20,14	4,59	110,2	-	
329	31	11,0	11,8	60,5	9,9	29,4	4,6	8,58	1,95	39,93	16,89	
330	30	6,7	9,4	19,9	3,3	9,6	1,5	3,26	0,93	13,79	-	
331	95	22,0	13,7	-	-	108,34	-	40,57	6,09	155,0	50,46	844

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
332	52	18,0	12,3	-	-	63,08	-	22,38	3,79	89,25	37,99	
333	52	14,4	11,2	-	-	44,79	-	14,01	2,99	61,79	27,78	
334	54	10,0	9,3	-	-	16,66	-	4,19	0,95	21,80	9,47	
335	49	4,7	7,0			5,37	-	1,49	0,62	7,48	7,44	
336	424	23,8	12,4	256,7	49,4	95,8	-	14,47	3,71	114,0	-	316
337	142	16,0	10,0	105,0	23,8	51,76	-	7,77	2,49	56,61	-	
338	113	9,8	6,8	31,96	6,33	18,22	-	1,34	0,46	20,02	-	
339	118	8,2	7,4	25,25	3,93	15,57	-	0,70	0,23	16,50	17,96	
340	110	6,5	6,1	13,67	2,61	9,02	-	0,90	0,41	9,33	7,03	
341	121	6,1	5,2	8,91	1,62	5,01	-	0,38	0,19	5,58	-	
Читинское Забайкалье, южная тайга; лиственница Гмелина <i>Larix gmelinii</i> (Rupr.) Rupr. 52°00'с.ш., 115°00' в.д. (Панарин, Солонько, 1972)												
342	10	2,0	-	-	-	8,40	0,66	0,760	1,380	10,54	-	-
343	10	4,0	-	-	-	10,54	0,84	1,130	1,450	13,12	-	
344	10	6,0	-	-	-	12,69	1,01	1,310	1,510	15,51	-	
345	10	8,0	-	-	-	14,59	1,16	1,530	1,590	17,71	-	
346	30	10,0	-	-	-	16,76	1,23	1,660	1,640	20,06	-	
347	30	12,0	-	-	-	23,91	1,91	1,950	2,180	28,04	-	
348	30	14,0	-	-	-	32,04	2,56	2,330	3,620	37,99	-	
349	30	16,0	-	-	-	39,38	3,14	3,170	4,410	46,96	-	



## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
350	30	18,0	-	-	-	52,87	4,21	4,440	6,470	63,78	-	
351	30	20,0	-	-	-	70,27	5,40	7,890	8,640	86,80	-	
352	30	22,0	-	-	-	82,98	6,61	11,10	10,26	104,3	-	
353	30	24,0	-	-	-	97,86	7,80	12,75	14,18	124,8	-	
354	80	26,0	-	-	-	115,0	9,18	14,32	16,00	145,4	-	
355	80	28,0	-	-	-	134,4	10,72	16,15	19,73	170,2	-	
356	80	30,0	-	-	-	155,1	12,38	20,04	24,76	199,9	-	
357	80	32,0	-	-	-	188,8	15,06	24,84	30,54	244,2	-	
358	80	34,0	-	-	-	210,1	16,77	28,14	36,64	274,8	-	
359	150	36,0	-	-	-	230,7	18,41	33,16	44,79	308,6	-	
360	150	38,0	-	-	-	258,8	20,64	38,27	52,24	349,3	-	
361	150	40,0	-	-	-	323,3	25,81	42,10	59,78	425,2	-	
362	150	42,0	-	-	-	686,2	30,81	51,74	60,90	798,9	-	
363	150	44,0	-	-	-	451,5	36,03	68,06	65,90	585,5	-	
364	150	46,0	-	-	-	514,9	41,08	84,57	76,59	676,0	-	
Эвенкия, Нижняя Тунгуска, Тура; лиственница Гмелина <i>Larix gmelinii</i> (Rupr.) Rupr. 64°03'36"с.ш., 101°10'43" в.д. (Данилин и др., 2015)												
365	30	10,3	10,4	35,8	5,70	22,58	4,05	5,56	3,13	31,27	-	5200
366	30	7,8	8,7	22,2	4,50	10,29	1,81	2,25	0,66	13,20	-	
367	30	6,0	7,6	11,9	3,20	5,70	1,02	1,11	0,55	7,36	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
368	30	5,0	6,5	8,2	2,19	3,69	0,75	0,794	0,43	4,91	-	
369	30	4,0	5,4	4,5	1,30	1,67	0,47	0,484	0,31	2,46	-	
370	30	3,1	4,2	2,22	0,47	1,15	0,27	0,547	0,23	1,93	-	
371	29	2,1	3,6	0,94	0,26	0,37	0,11	0,101	0,11	0,581	-	
372	29	1,0	2,3	0,52	0,14	0,23	0,07	0,058	0,065	0,353	-	
373	27	0,5	1,8	0,10	0,025	0,07	0,02	0,014	0,020	0,1040	-	
374	25	0,3	1,4	0,026	0,012	0,010	0,003	0,004	0,004	0,018		
Северная Монголия, Восточный Хэнтэй; лиственница сибирская <i>Larix sibirica</i> Ledeb. 49°10'с.ш., 110°00'в.д. (Данилин и др., 2015)												
375	18	8,9	6,5	22,6	7,1	9,6	2,3	6,2	2,6	18,4	-	56200
376	18	7,5	5,9	16,9	5,3	7,4	1,8	4,6	1,9	13,9	-	
377	18	6,3	5,2	11,2	3,5	5,1	1,3	2,7	1,1	8,9	-	
378	17	4,9	4,9	6,4	2,0	3,1	0,8	1,2	0,7	5,0	-	
379	18	4,0	4,3	4,3	1,4	2,0	0,6	0,84	0,5	3,34	-	
380	17	2,9	3,6	2,2	0,9	1,0	0,3	0,42	0,3	1,72	-	
381	15	1,9	3,3	1,1	0,5	0,4	0,1	0,21	0,1	0,62	-	
382	14	1,0	2,4	0,2	0,05	0,12	0,05	0,032	0,03	0,182	-	
383	15	0,5	1,5	0,1	0,05	0,05	0,02	0,021	0,01	0,081	-	
384	32	17,6	11,3	125,4	37,9	51,4	11,2	19,8	7,5	78,7	-	5700
385	35	15,4	11,1	100,6	28,1	40,2	8,8	13,8	5,2	59,2	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
386	36	13,2	10,7	75,8	18,4	29,0	6,4	8,0	2,9	39,9	-	
387	27	9,8	8,3	39,9	9,5	18,4	4,8	8,1	2,7	29,2	-	
388	27	7,3	7,3	18,3	5,4	8,5	2,3	3,3	1,3	13,1	-	
389	25	3,9	5,8	4,3	1,2	1,9	0,6	0,5	0,2	2,6	-	
390	21	1,8	3,0	0,8	0,3	0,4	0,1	0,21	0,04	0,65	-	
391	15	0,8	2,3	0,2	0,1	0,15	0,05	0,04	0,01	0,20	-	
392	33	12,5	10,9	73,8	20,8	29,7	6,7	3,7	1,4	34,8	-	19800
393	34	11,2	10,4	54,4	16,8	23,5	3,7	3,4	0,9	27,8	-	
394	32	10,1	10,0	43,9	13,4	19,0	3,6	2,8	0,7	22,5	-	
395	30	8,8	9,5	33,3	10,0	14,2	3,3	2,1	0,5	16,8	-	
396	31	8,0	9,2	27,1	8,3	11,5	2,9	1,66	0,44	13,6	-	
397	35	7,1	8,8	20,8	6,6	8,7	2,4	0,95	0,40	10,05	-	
398	29	5,6	7,9	10,5	2,2	4,8	1,2	0,23	0,06	5,09	-	
399	24	4,1	7,1	5,3	0,9	2,7	0,7	0,08	0,03	2,81	-	
400	27	3,2	6,2	2,9	0,9	1,4	0,4	0,07	0,03	1,5	-	
401	44	31,0	17,8	618,7	144,0	272,0	38,7	53,2	7,8	333,0	-	2900
402	43	27,4	17,6	508,4	114,3	228,9	33,2	36,4	6,2	271,5	-	
403	39	23,5	17,3	398,0	84,5	185,7	27,7	19,5	4,6	209,8	-	
404	42	19,8	16,8	288,4	60,5	128,5	20,7	13,8	3,4	145,7	-	
405	43	15,9	16,2	178,8	36,5	71,2	13,6	7,9	2,2	81,3	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
406	41	12,0	12,6	102,4	21,6	40,8	8,1	4,7	1,3	46,8	-	
407	40	8,1	9,0	25,9	6,7	10,3	2,5	1,4	0,6	12,3	-	
408	33	4,5	6,6	15,8	4,1	3,1	0,7	1,0	0,5	4,6	-	
409	75	32,3	20,4	662,4	118,7	273,2	56,2	31,2	7,0	311,4	-	2100
410	73	29,7	19,9	587,0	111,6	247,5	49,3	25,8	5,9	279,2	-	
411	74	27,2	19,3	511,5	104,4	221,6	42,3	20,3	4,8	246,7	-	
412	73	24,5	18,8	436,0	97,2	195,6	35,2	15,0	3,7	214,3	-	
413	72	22,0	18,2	360,5	90,0	169,8	28,3	9,6	2,5	181,9	-	
414	70	18,7	17,5	256,2	66,1	112,6	18,6	5,9	1,7	120,2	-	
415	70	15,4	16,8	151,9	42,2	55,3	8,9	2,0	0,8	58,1	-	
416	67	12,2	13,7	92,8	26,2	34,4	5,4	1,6	0,7	36,7	-	
417	60	8,8	10,5	33,7	10,3	13,5	1,9	1,3	0,6	15,4	-	
Китай, Внутренняя Монголия, Большой Хинган; лиственница Гмелина <i>Larix gmelinii</i> (Rupr.) Rupr. 47°00'с.ш., 123°00' в.д. (Feng, Yang, 1985, 1995)												
418	186	24,6	24,3	568	-	224,0	42,2	13,8	2,47	240,3	106,2	792
419	175	17,3	17,4	202	-	94,1	23,4	8,6	1,80	104,5	100,4	811
420	107	8,0	8,1	25	-	13,4	2,2	1,0	0,18	14,6	7,9	2934
Китай, провинция Хэйлунцзян, Большой Хинган; лиственница Гмелина <i>Larix gmelinii</i> (Rupr.) Rupr. 52°30'с.ш., 124°30' в.д. (Xu et al., 1988)												
421	100	20,0	21,0	259	-	106,7	-	13,3	4,7	124,7	11,7	400

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола $D_{1,3}$ , см	Высота дерева, м	Объем ствола, $дм^3$		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
Китай, провинция Хэбэй; культуры лиственницы ольгинской <i>Larix olgensis</i> A. Henry. 41°12'с.ш., 117°40' в.д. (Zhang, 1992)												
422	16	23,4	-	212	-	109,8	-	21,11	17,91	148,8	-	1070
423	16	18,5	-	137	-	70,78	-	10,80	9,16	90,7	-	
424	16	16,7	-	80	-	41,19	-	17,48	14,83	73,1	-	
425	16	14,6	-	102	-	53,00	-	11,39	9,66	74,0	-	
426	16	13,9	-	109	-	56,69	-	18,42	15,63	90,7	-	3840
427	16	12,7	-	68	-	34,96	-	13,71	11,63	60,3	-	
428	16	11,7	-	49	-	25,53	-	6,88	4,91	37,3	-	
429	16	11,0	-	44	-	22,69	-	9,42	6,03	38,1	-	
430	16	9,0	-	21	-	10,88	-	3,50	2,97	17,3	-	
431	16	15,0	-	57	-	29,72	-	14,83	7,87	52,4	-	
432	16	12,3	-	33	-	17,34	-	3,81	2,87	24,0	-	
433	16	10,3	-	23	-	11,99	-	3,79	2,16	17,9	-	
434	16	9,7	-	25	-	13,02	-	4,69	2,32	20,0	-	
435	16	8,4	-	18	-	9,25	-	2,74	1,56	13,6	-	
436	16	8,2	-	15	-	7,94	-	2,80	1,65	12,4	-	
437	16	7,4	-	12	-	6,27	-	0,80	0,26	7,33	-	
438	16	5,4	-	6	-	3,16	-	0,71	0,40	4,27	-	
439	16	4,7	-	6	-	3,05	-	0,75	0,32	4,12	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола $D_{1,3}$ , см	Высота дерева, м	Объем ствола, $дм^3$		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
Китай, провинция Гирин; лиственница ольгинская <i>Larix olgensis</i> A.Henry. 43°00'с.ш., 127°00' в.д. (Yang et al., 1995)												
440	5	-	-	0,4	-	0,097	0,052	0,368	0,397	0,862	0,098	-
441	7	-	-	0,3	-	0,112	0,059	0,395	0,425	0,932	0,131	-
442	9	-	-	0,4	-	0,173	0,175	0,483	0,520	1,18	0,161	-
443	11	-	-	1,4	-	0,683	0,248	1,055	0,809	2,55	0,501	-
444	13	-	-	7,4	-	3,570	0,702	2,46	0,934	6,96	1,06	-
445	15	-	-	13,9	-	6,790	1,105	3,86	1,55	12,2	1,78	-
446	17	-	-	21,2	-	10,38	1,632	5,12	1,73	17,2	1,88	-
447	19	-	-	23,2	-	11,46	1,741	5,39	1,76	18,6	2,94	-
448	21	-	-	28,9	-	14,62	1,830	6,27	1,82	22,7	3,12	-
449	23	-	-	39,3	-	21,05	2,660	7,86	2,38	31,3	3,53	-
450	25	-	-	40,2	-	24,16	2,889	8,50	2,19	34,9	4,33	-
Япония, префектура Нагано; культуры лиственницы японской <i>Larix leptolepis</i> Gord. 36°30'с.ш., 138°10' в.д. (Research Group..., 1964)												
451	9	8,0	-	17,3	-	6,85	-	4,73	2,43	14,0	-	2287
452	9	4,4	-	3,9	-	1,38	-	1,44	0,74	3,56	-	
453	9	7,0	-	10,2	-	3,99	-	3,01	1,35	8,35	-	
454	9	6,4	-	10,7	-	4,09	-	3,83	1,80	9,72	-	
455	9	7,1	-	12,8	-	4,99	-	3,98	1,54	10,5	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
456	10	8,0	-	21,1	-	8,28	-	3,14	1,61	13,0	-	2313
457	10	9,6	-	23,7	-	9,27	-	5,58	2,82	17,7	-	
458	10	5,4	-	8,4	-	3,28	-	2,07	0,902	6,25	-	
459	10	11,8	-	38,6	-	15,1	-	7,66	2,98	25,7	-	
460	18	4,0	-	4,04	-	1,68	-	0,438	0,184	2,30	-	1500
461	18	13,7	-	80,4	-	33,6	-	11,2	4,52	49,3	-	
462	18	13,8	-	79,5	-	33,2	-	9,47	3,96	46,6	-	
463	18	10,5	-	35,4	-	14,75	-	6,44	2,13	23,3	-	
464	18	12,7	-	49,2	-	20,53	-	11,33	3,16	35,0	-	
465	18	11,2	-	47,4	-	19,79	-	9,91	2,94	32,6	-	
466	18	9,8	-	29,5	-	12,30	-	5,30	1,52	19,1	-	
467	18	16,4	-	92,3	-	38,51	-	14,10	4,41	57,0	-	
468	18	9,5	-	30,0	-	12,51	-	6,61	2,22	21,3	-	
469	18	8,0	-	20,2	-	8,41	-	2,97	1,18	12,6	-	
470	18	6,4	-	9,47	-	3,95	-	1,08	0,408	5,44	-	
471	18	9,2	-	27,3	-	11,38	-	5,34	1,98	18,7	-	
472	18	9,4	-	28,3	-	11,80	-	4,49	2,07	18,4	-	
473	18	5,5	-	8,7	-	3,629	-	1,51	0,620	5,76	-	
474	18	12,9	-	65,9	-	27,48	-	10,32	3,83	41,6	-	
475	18	13,9	-	77,2	-	32,20	-	20,86	6,46	59,5	-	

## Продолжение приложения 3

№	Возраст, лет	Диаметр ствола D <sub>1,3</sub> , см	Высота дерева, м	Объем ствола, дм <sup>3</sup>		Фитомасса дерева в абсолютно сухом состоянии, кг						Густота, экз./га
				Всего	в том числе кора	Ствол		Ветви	Хвоя	Надземная	Корни	
						Всего	в том числе кора					
476	28	18,6	-	203,8	-	92,14	-	16,68	5,04	113,9	-	821
477	28	12,5	-	79,8	-	36,09	-	5,17	2,06	43,3	-	
478	28	7,2	-	16,8	-	7,58	-	1,07	0,447	9,10	-	
479	28	11,8	-	64,3	-	29,05	-	5,48	1,56	36,1	-	
480	28	20,5	-	243,5	-	110,1	-	16,66	6,23	133,0	-	
481	28	9,8	-	45,0	-	20,35	-	5,52	2,06	27,9	-	
482	28	14,7	-	115,9	-	52,38	-	8,74	2,84	64,0	-	1088
483	28	8,7	-	37,4	-	16,90	-	2,70	1,19	20,8	-	
484	43	19,6	-	276,2	-	123,6	-	11,88	4,12	139,6	-	
485	43	15,8	-	191,5	-	85,7	-	6,26	2,62	94,6	-	
486	43	12,6	-	83,6	-	37,4	-	1,26	0,476	39,1	-	
487	43	15,0	-	137,3	-	61,45	-	2,38	1,06	64,9	-	
488	43	24,3	-	507,3	-	227,0	-	29,7	6,87	263,6	-	
489	43	22,0	-	366,7	-	164,1	-	13,7	5,64	183,4	-	
490	48	23,9	-	414,7	-	189,7	-	25,71	6,35	221,8	-	675
491	48	32,6	-	933,1	-	426,8	-	37,68	7,98	472,5	-	
492	48	15,9	-	164,9	-	75,44	-	6,01	1,96	83,4	-	
493	48	19,5	-	220,6	-	100,9	-	8,24	3,13	112,3	-	
494	56	35,9	-	1197	-	588,2	-	97,28	17,59	703,1	-	190



Япония, префектура Тотиги; культуры лиственницы японской <i>Larix leptolepis</i> Gord. 36°50'с.ш., 139°40' в.д. (Kari-zumi, 1974)												
495	51	20,9	17,6	321	-	129,4	-	16,5	3,02	148,9	36,6	822
496	51	16,2	11,8	136	-	60,3	-	8,6	2,08	71,0	22,3	1070
497	51	15,3	11,7	115	-	53,4	-	6,8	2,79	63,0	18,0	933
498	51	10,4	6,4	32	-	15,6	-	3,0	0,35	19,0	6,4	1520

## Приложение 4

База данных о фитомассе насаждений лиственницы (род *Larix* L.)

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
Средневропейская провинция													
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ													
<i>Larix decidua</i>													
Mitchell et al., 1981; Шотландия: Абердин 57°10'с.ш 2°10' з.д													
1	-	10Л	13	1,36	10,2	4,2*	27*	12,5	-	17,4	4	-	-
2	-	10Л	20	3,32	10,9	8,8*	135*	63,5	-	38,2	5,4	-	-
3	-	10Л	20	2,685	15,1	9,0*	215*	101	-	48,3	6,5	-	-
Ovington, 1956; Англия: Кент 51°10' с.ш 0°10' в.д													
4	-	10Л	46	0,42	27,6	24,7	364	145,8	-	32,4*	8,1	-	-
5	-	10Л	23	0,84	24,3	15,5	179	75,1	-	58,1*	14,5	-	-
<i>Larix leptolepis</i>													
Ovington, 1956; Англия: Тетфорд 52°30' с.ш 0°53' в.д													
6	-	10Л	22	1,483	13,6	12,4	130	54,7	-	14,7*	5,7	-	-
7	-	10Л	22	1,483	13	11,8	124	51,9	-	15,7*	6,1	-	-
ФРАНЦИЯ													
<i>Larix decidua</i>													

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
Sindani and Lejoly, 1990; Юг Франции: Альпийская горная провинция								1700 м над ур. моря		44°00' с.ш		7°00' в.д	
8	-	10Л	35	1,179	17,4	12,1	124*	57,6	8,7	29,2	4,51	-	1,6
ЧЕХИЯ													
<i>Larix decidua</i>													
Vyskot, 1982; Брно, Бланско.								470 м над ур. м		49°19' с.ш		16°40' в.д	
9	-	10Л	140	0,007	72,9	34	29	13,8	1,53	3,14	0,25	5,38	-
10	-	10Л	36	0,959	14,6	16,4	100	48,7	5,89	4,8	0,96	8,93	-
Швейцария													
<i>Larix decidua</i>													
Burger, 1945; Майенфельд, Визен, Сильс Мария.								570-1820 м над ур.м		47°00' с.ш		9°00' в.д	
11	I	10Л	50	1,362	20,5	18,5	410	197,0*	-	15,3	2,68	-	-
12	I	10Л	105	0,222	43,8	30	402	173,0*	-	17,9	1,88	-	-
13	II	10Л	210	0,185	47,8	31,5	417	162,0*	-	18,2	1,83	-	-
РОССИЯ													
Скандинавско-Русская провинция													
Средняя тайга													
<i>Larix decidua, L. Sukaczewii</i>													
Говоренков, 1972.; Ленинградская обл., Карельский перешеек								50 м, над уровнем моря		60°30' с.ш		30°00' в.д	
14	Кул. Ia	10Л	230	0,275*	51,6	40	965	427,6	52	37,9	6,52	98	6,17
Коротаев, 1991; Ленинградская область: Токсово, Охта								60°05' с.ш		30°00' в.д			
15	Кул. Ia	10Л	33	2,75	15,3	16,5	383	-	-	-	-	69,3	-
Коротаев, 1991; Ленинградская область: Токсово, Охта								60°05' с.ш		30°40' в.д			
16	То же II	10Л	37	1,774	14,6	12,1	165	-	-	-	-	32,3	-
Южная тайга													
<i>Larix decidua, L. Sukaczewii</i>													

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
Уткин и др., 1996; Ярославский регион, Рыбинск								58°06' с.ш. 38°42' в.д.					
17	Кул. (пески) Ia	10Л	22	2,45	12,4	12,7	194	98,3	13	13,4	3,87	-	-
18	То же Ia	10Л	29	1,99	14	15,3	258	129,3	17,1	12,6	3,31	-	-
Хвойно-широколиственные леса													
<i>Larix decidua</i> , <i>L. sukaczewii</i>													
Тимофеев, 1970; Московская обл., Петровское								56°20' с.ш. 36°20' в.д.					
19	Посев Ia	10Л	11	10	8,0*	6,1	92	46,2	-	24	15,1	-	-
20	То же I	10Л	11	30	4,8*	5,1	98	49,5	-	17,8	14,4	-	-
21	"_ " I	10Л	11	42,5	4,0*	5,1	109	54,8	-	22	14,3	-	-
22	"_ " I	10Л	11	85	2,6*	4,2	99	49,7	-	17,2	10,2	-	-
23	"_ " II	10Л	11	122,5	1,9*	3,6	83	41,3	-	12,8	7,3	-	-
Салмина, 1973; Московская обл., Пушкино								56°00' с.ш. 38°00' в.д.					
24	Кул. Ib	10Л	27	1,808	12,2	15	156	74,6	-	15,9	3,6	13,1	-
25	То же Ia	10Л	25	1,91	12	12	134	81,9	-	19,6	6,1	14,7	-
26	"_ " Ia	7ЛЗУ	25	3,563	12	12	153	79,2	-	19,7	9,5	14,3	-
27	"_ " II	3Л7Б	23	1,632	7	9	39	19,4	-	8,3	4	7,9	-
28	"_ " II	9Л1Лп	20	2,258	9	7	38	22,7	-	9,8	4,7	5,6	-
Широколиственные леса													
Розанова, 1960; Орловская область, Шатиловская опытная станция								52°40' с.ш. 37°00' в.д.					
29	Кул. (черноз.) Ia	9Л1С	26	1,351	17,1	13,3	236	118,4	-	22,9	1,57	33,9	-
Лесостепь													
Егоров, 1986; Воронежская обл., ЦЧР								51°00' с.ш. 38°00' в.д.					
30	Кул. (св) I	10Л	10	15	3,8	4,6	50,2	25	-	9,1	2,2	-	-
31	То же I	10Л	20	13,116	6,8	9,4	142	71	-	14,2	3,6	-	-
32	"_ " Ia	10Л	30	4,231	11,6	14,3	228	114	-	14,8	3,8	-	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
33	" Ia	10Л	40	2,019	15,8	18,7	334	167	-	15,4	3,5	-	-
34	" Ia	10Л	50	1,384	20,6	22,4	439	219,5	-	17,6	4,2	-	-
35	" Ia	10Л	60	0,96	25,1	25,5	522	261	-	18	4,4	-	-
36	" Ia	10Л	70	0,726	29,2	28	601	300,5	-	18,1	4,5	-	-
37	" Ia	10Л	80	0,583	32,8	30,1	659	329,5	-	16,3	4,2	-	-
38	" Ia	10Л	90	0,497	36,1	32	719	359,5	-	15,3	4,2	-	-
39	" Ia	10Л	100	0,433	39,2	33,4	758	379	-	16,2	4	-	-
Восток Русской равнины													
Северная тайга													
<i>Larix sukaczewii</i>													
Молчанов, 1971; Архангельская обл., Обозеро 64°00'с.ш. 40°00' в.д.													
40	Грв. Ia	10Л	20	10,2	4,3	9,8	46,2	22,2	8,75	5,7	2,08	12,4	0,15
41	То же III	10Л	40	4,8	8,1	11,5	154	81,6	17,9	14,1	4,57	33,5	0,24
42	" IV	10Л	60	3,963	11,6	12,4	264	158,4	33,3	26	5,22	57,5	0,25
43	" II	10Л	80	1,32	19,3	24	428	261,1	26,6	34,4	5,35	88,8	0,25
44	" I	10Л	100	0,991	23,6	27,1	500	310	21,7	35,7	5,49	103,3	0,26
45	" I	10Л	120	0,832	27,9	29	528	332,6	23,3	34,7	5,42	93,1	0,27
46	" I	10Л	140	0,667	32,3	30,3	549	351,4	17,6	34,9	5,24	91,4	0,27
47	" I	10Л	160	0,537	36,4	31,3	573	372,4	22,3	36	4,69	84,3	0,24
48	" I	10Л	180	0,457	38,4	32,2	575	379,5	21,4	36,9	4,23	75,9	0,24
49	" I	10Л	200	0,39	40,5	33	580	385,4	21,6	35,5	3,91	69,7	0,23
50	" I	10Л	220	0,33	42,9	34,1	581	390,4	21,1	34,8	3,2	62,4	0,2
51	" I	10Л	240	0,29	44,6	35	579	391,4	20,4	35,7	3,46	54,7	0,23
52	" V	10Л	121	1,09	18,5	15,7	213	104	7,3	19	5,4*	20,9	-
Хвойно-широколиственные леса													

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
Карасева, 2003; Марийская республика, Йошкар - Ола								56°40'с.ш. 48°10' в.д.					
53	Кул. С2 Ib	10Л	10	5	5,4	5	26,9	15,9	-	7,5	8,5	8	-
54	то же С2 Ia	10Л	14	6	7,8	7,1	74,1	37,2	-	19,9	15	26,4	11
55	" С2 I	10Л	14	6	5,7	6,2	69,6	34,8	-	16,8	12,6	21,6	3,5
56	" С2 Ia	10Л	25	1	16	14	141	73,4	-	19,2	6,1	19,7	-
57	" С2 Ia	5Л5С	25	2,4	14	12	209	115,8	-	9,4	5	27,3	-
58	" С2 II	10Л	38	3	13	12	245	135,1	-	14	6,6	24,3	-
59	" С2 Ib	10Л	38	1,55	18	16	265	146,8	-	15,2	7,2	26,4	-
60	" D2 Ia	10Л	38	0,7	20,3	24	252	125,9	-	12,5	5,3	25,1	-
61	" D2 Ia	10Л	38	1,65	18	16	355	155	-	16	6,8	27,9	-
62	" В2 II	10Л	40	1	20	17	351	152,2	-	15,5	7,5	28,9	-
63	" Св. сурам. Ib	10Л	40	0,9	23	21	392	173,1	-	19	12	-	-
64	" То же II	10Л	40	2,7	10	12,8	152	72,9	-	4	1,7	-	-
65	" " I	10Л	40	3	13,2	17,3	243	114,5	-	6,3	4,8	-	-
66	" " I	10Л	40	3,1	13,5	17	337	155,6	-	6,5	5,8	-	-
67	" " Ia	10Л	40	1,3	18,5	19,7	325	157,5	-	9,2	7,6	-	-
68	" " Ia	10Л	40	1,6	18,2	18,5	336	159,7	-	10,2	8,6	-	-
Карасева, 2003; Марийская республика, Мари - Турек								56°50'с.ш. 49°50' в.д.					
69	Кул. В2 Ib	4Л4С2Е	75	0,523	28	26	328	177,1	-	16,5	9,7	-	-
70	То же Ia	6Л3С1Е	75	0,547	28	28	449	242,6	-	25,7	11,4	-	-
Лесостепь													
Уткин и др., 1980; Самарская обл., Красный Яр								53°30'с.ш. 50°20' в.д.					
71	Кул. (св.) I	10Л	21	3,466	8,8	9,3	141	70,6	9	15	6,1	-	-
Уральская провинция													
Средняя тайга													

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. 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>root</sub>	P <sub>u</sub>
Кутафьев, Митрофанов, 1973; Митрофанов, 1977; Северное Зауралье, Комсомольский								61°00' с.ш. 63°00' в.д.					
72	Брс.-злм. III	7Л2С1Е	200	0,563	32	25	314	173,1	24,3	12,9	3,6	-	4,3
Григорьев, 2011; Северный Урал								61°18' с.ш. 59°10' в.д.					
73	III	6Л4Б	93	0,625	14,6	7,4	65*	29,51	-	9,93	1,25	-	-
74	III	10Л	73	0,456	13,4	6,7	36*	16,8	-	5,25	0,7	-	-
75	III	10Л	40	0,051	3,5	2,8	0,25*	0,12	-	0,04	0,01	-	-
<i>Larix sibirica</i>													
Западно-сибирская провинция													
Лесотундра, пойма													
Усольцев и др., 1999а; Усольцев и др., 2004d; Ямало - Ненецкий автономный округ, р. Нгарка - Хатыдояха, Уренгой								66°30' с.ш. 78°00' в.д.					
76	Пойм. II	10Л	45	1,329	15	15,2	200	97,3	12,4	9,09	1,79	-	-
77	Злм.-яг. IV	8Л1К1Б	100	0,438	19	19,3	121	59,2	8,95	6,06	1,21	-	-
78	Пойм. III	8La1E1Б	260	0,944	31,3	23,7	446	207,9	39,8	14,1	2,82	-	-
79	Злм.-яг. II	5Л4К1Sp	350	0,484	24	31,5	218	106,2	15,5	9,55	1,29	-	-
80	То же III	7Л2С1Б	25	6,993	4,8	7	55,4	25,9	4,79	4,16	1,07	-	-
81	"_ III	9Л1Б	27	5,188	5,1	6,9	42,1	19,8	3,55	3,42	1,29	-	-
82	"_ III	10Л	27	8,555	5,8	8	111	53,1	7,87	6,7	2,43	-	-
83	"_ IV	7Л3Б	29	10,74	4,7	6,8	77,9	36,3	6,91	5,18	2	-	-
84	"_ III	7Л3Б	46	7,05	7,1	11	168	77,6	15,5	4,94	1,99	-	-
85	Баг.-брс. Va	7Л1К1Е1Б	76	7,167	7,5	9,2	164	74,5	17,3	8,29	1,8	-	-
86	То же V	3Л3К3Б1Е	80	2,1	12	13	177	82	16,4	8,28	2,02	-	-
Лесотундра, плакоры													
Усольцев и др., 1999а; Ямало - Ненецкий автономный округ, низовья р. Пур								67°00' с.ш. 78°00' в.д.					
87	Лиш. V	10Л	45	1,74	6,6	7,6	24,2	11,5	1,93	2,56	0,74	-	-
88	То же Va	8Л2Б	102	0,55	10,9	9,3	25,3	11,1	3,08	1,33	0,33	-	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
89	__ Va	5ЛЗК2Е	100	0,677	11,9	9,5	38	16,6	4,84	2,82	1,06	-	-
90	__ Va	7ЛЗБ	100	0,798	11,1	9,4	40,9	18,7	4,11	4,07	0,88	-	-
<i>Larix czekanovskii, L. Gmelinii</i>													
Среднесибирская провинция													
Тундра													
Кнорре, 1977; Игнатенко и др., 1973а,б; Бондарев, 1989; Таймыр, Урочище Ары - Мас								100-150 м. над уровнем моря			72°28' с.ш.		
101°00' в.д													
91	Баг. Vв	10Л	142	1,404	6,1	4,3	12,1*	6,88	-	2,73	0,49	-	-
92	Олх. Vв	10Л	142	0,604	5,3	3,6	7,3*	4,15	-	2,01	0,21	-	-
93	Оск.-ксп. Vв	10Л	142	0,424	8,3	4,6	5,7*	3,24	-	2,49	0,24	6,46	54,9
94	То же Vв	10Л	142	0,239	3,2	2,5	0,51*	0,29	-	0,42	0,07	5,4	25,7
95	Ксп.-оск. Vв	10Л	142	0,188	3,6	2,7	0,53*	0,3	-	0,18	0,03	-	-
Лесотундра													
Ярмишко, Демьянов 1983; Деева, 1985, 1987; Красноярский край, плато Путорана								70-290 м над ур. моря			70°00' с.ш. 90°00' в.д		
96	Олх.-глб.-брс. V	10Л	155	0,485	19,5	15,3	104	51,2	-	3,06	1,23	20	20,4
97	Брс.-глб.-лиш. Vв	7ЛЗБ	155	0,275	8	7	5,6	3,03	-	0,41	0,1	3,9	11,2
98	Олх.-оск.-глб. Vв	10Л	150	0,115	4,5	3,5	0,48	-	-	-	-	2,24	-
Паутова, 1976б; Красноярский край, плато Путорана, р. Северная								660 м над ур. моря			66°00' с.ш. 91°00' в.д		
99	Ер.-глб.-злм. V	10Л	150	0,201	18	16	24	13,2	-	5,5	0,5	-	4
100	Олх.-баг.-злм. V	10Л	150	0,232	16,8	17,5	28	15,3	-	6,2	0,5	-	3
101	Олх.-глб.-баг. V	8Л2Б	150	0,558	11,8	17	29	15,9	-	6,5	0,6	-	3
102	Баг.-глб. V	9Л1Е	150	0,792	11,7	17,5	45	24,8	-	7,8	0,7	-	2,8
103	Олх.-баг.-глб. V	9Л1Б	150	0,72	12,8	18	52	28,9	-	6,6	0,8	-	1,45
104	Ер.-ив.-рзт. Vc	10Л	150	0,22	7,9	7	4	2,2	-	1	0,16	-	5,6
Плешиков и др., 2002; Красноярский край, низовья р. Хантайки								68°00'с.ш 92°00'в.д					
105	Кус.-злм. Va	6Л4Е	300	0,434	23	14	55,3	24,9	3,8	3,5	1,4	20	11,7

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
106	То же V	4Л5Е1Б	300	1,137	18,8	12,3	90,4	44,7	7,7	6,6	3,2	35,8	9,3
107	Мш.-блт. Va	4Л6Е	300	0,667	13,8	9,7	34,2	14,7	3,2	1,8	1,1	11,8	11,8
Северная тайга													
Плешиков и др., 2002; Красноярский край, низовья р. Нижней Тунгуски								65°30'с.ш 90°00'в.д					
108	Кус.-злм. V	8Л2К	380	0,401	21,7	14,7	69,3	33,2	3,9	5,2	1,2	26,6	28,4
109	То же V	6Л2К2Б	110	1,473	12,7	12,3	118,1	58,5	8,1	10,9	2,9	46,9	16,1
110	Кус.-лиш. Va	8Л1К1Б	110	0,749	10,6	9,1	30,6	15	3	2,7	0,7	12	23,3
111	То же Va	7Л3К	380	0,322	20,4	12,8	60,2	27,9	3,8	4,9	1,8	22,4	28,7
Митрофанов, 1978; Красноярский край, нижний Енисей, Игарка								67°30'с.ш 87°00' в.д					
112	Кус.-злм. V	3Л1Е6Б	140	0,685	22	14	47	24,5	3,5	3,8	1,3	-	27,8
Митрофанов, 1978; Красноярский край, Туруханск								66°00' с.ш 90°00' в.д					
113	Вст. IV	7Л2Б1Е	95	1,007	14	17	127	71,8	11,7	7,1	2,6	-	-
Средняя тайга													
Митрофанов, 1983; Центральная Эвенкия, Нижняя Тунгуска, Тутончары, Тура								600 м над ур. моря		64°00'с.ш. 99°00' в.д.			
114	Глб.-баг. Va	10Л	271	0,43	13	12	33	19,5	3,4	2,3	1,1	-	3,4
115	Брс.-баг.-злм. Va	10Л	157	2,48	11	13	179	106,4	17,8	20,2	6,4	-	7,2
116	Глб.-баг.-злм V	10Л	77	1,23	11	12	91	54	9,1	7,1	3,3	-	1,8
117	Баг.-брс.-злм Va	10Л	77	2,16	8	9	75	43,7	8,7	4,6	2,7	-	0,4
118	Брс.-злм. V	9Л1Б	75	1,7	10	11	92	45,3	8,2	4,8	2,4	-	1,7
119	Вст.-злм. IV	5Л4Е1К	128	1,683	20	20	415	204,9	30,8	20,1	9	-	-
120	Глб.-злм. V	9Л1Б	118	0,86	15	14	111	64,8	12,4	6,8	2,6	-	-
121	Злм. IV	7Л2К1Е	120	1,84	23	20	365	199,8	34,6	19,9	10,7	-	-
Kajimoto et al., 1997; Kajimoto et al., 1999a; Эвенкия, Тура								160 м над ур. моря		64°19' с.ш 100°13' в.д			
122	Баг.-арк.-брс Vв	10Л	250	2,09	6,83	5,5	33*	18,1	-	3,2	1	16,7	-
Kajimoto et al., 2003; Эвенкия, Тура								200 м над ур. моря		64°19' с.ш 100°13' в.д			



№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
123	Баг.-арк.-лиш Vв	10Л	98	5,7	2,3	2,7	8,4*	4,63	-	0,88	0,28	6,95	-
Абаимов и др., 1997a,b; Эвенкия, Нижняя Тунгуска, Тура								64°18' 100°11'					
124	Баг.-глб.-сфаг Vв	10Л	87	2,653	4	4,2	8	4,3*	-	-	-	5,05*	-
125	Шкш.-тлк. Vб	9Л1Б	83	0,77	6,2	6,1	10,7	5,8*	-	-	-	3,57*	-
126	Брс.-баг.-злм Va	10Л	86	2,911	6,6	8,2	58,4	31,5*	-	-	-	6,06*	-
127	Брс.-баг.-злм Va	10Л	86	1,461	9	10,7	56,9	30,7*	-	-	-	7,00*	-
128	Кус.-злм. Vб	10Л	147	0,6	9,1	8,9	71,1	40,5*	-	-	-	7,83*	-
Кутафьев и Митрофанов, 1973; Митрофанов, 1978; Красноярский край, Средний Енисей, Бахта								62°00' с.ш. 90°00' в.д.					
129	Брс.-лтз.-злм. II	9Л1К	270	1,87	44	30	612	357,1	51,6	15,3	6,4	-	1,8
130	Грш.-вст. III	4Л6Б	75	2,06	16	18	322	193,9	23,6	15,6	4,7	-	7,3
Митрофанов, 1983; Южная Эвенкия, Подкаменная Тунгуска, Байкит								400 м над ур. моря 62°00' с.ш. 91°30' в.д.					
131	Рзт.-глб.-злм. IV	9Л1Б	218	0,883	25	23	286	170,9	24,5	12,4	3,4	-	13,2
132	Злм. IV	9Л1Б	190	1,02	25	22	422	254,2	39,1	21,3	4,9	-	2,9
133	Ртз.-злм. IV	4Л3К1Е2Б	126	1,5	21	21	390	208,2	34,7	18	9,9	-	2
134	Пап.-злм. I	9Л1Sp	180	1,07	36	34	541	320,9	42,6	34,9	8,4	-	1,7
135	Злм. IV	7Л2К1Е	160	0,92	25	21	249	137	22,7	14,5	5,3	-	-
136	Баг.-брс.-злм. IV	4Л3К1Е2Б	210	0,89	24	19	207	111,1	20	12,9	4,4	-	1
Красиков, 1985, 1987; Южная Эвенкия, Подкаменная Тунгуска, Байкит								400 м над ур. моря 62°00' с.ш. 91°30' в.д.					
137	Грв. III	10Л	50	1,569	13,2	12,4	132	66,3	15,2	8,9	0,7	-	1,78
138	То же III	10Л	70	0,777	18,2	17,4	165	84	17,1	12,4	1,5	-	1,97
139	"_ III	10Л	90	0,481	22,6	20,4	181	92,8	17,5	13,6	1,7	-	2,18
140	"_ III	10Л	110	0,368	26,1	22,1	198	102,2	17,9	14,2	1,6	-	2,41
141	"_ III	10Л	130	0,304	28,8	23	206	106,4	18,2	13,4	1,5	-	2,71
142	"_ III	10Л	150	0,271	30,9	23,5	211	109,1	18,6	13,3	1,4	-	3,03
143	"_ III	10Л	170	0,238	32,3	23,7	208	107,8	17,9	12,6	1,4	-	3,42

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
144	"_ III	10Л	190	0,217	33,2	23,8	202	104,8	17,1	12,3	1,3	-	3,88
145	"_ III	10Л	210	0,187	33,4	23,9	177	91,6	15,2	12,1	1,2	-	4,42
146	"_ III	10Л	230	0,17	33,5	24	162	84,2	13,4	11,6	1,2	-	5,1
147	Злм. IV	10Л	50	1,437	12,2	9,8	86	49	10	8,7	1,1	-	0,93
148	То же IV	10Л	70	0,825	16,2	13,2	110	56,6	11,9	10,1	1,2	-	1,12
149	"_ IV	10Л	90	0,559	19,4	15,7	132	68,4	13,4	11,6	1,4	-	1,35
150	"_ IV	10Л	110	0,47	22,2	17,5	149	81,5	14,5	13,5	1,6	-	1,63
151	"_ IV	10Л	130	0,383	24,4	18,8	156	82,8	14,5	14,6	2	-	1,93
152	"_ IV	10Л	150	0,325	26,2	19,7	159	84,4	14,5	14,6	1,9	-	2,28
153	"_ IV	10Л	170	0,286	27,5	20,3	158	84,6	14,1	14,5	1,6	-	2,67
154	"_ IV	10Л	190	0,257	28,5	20,7	156	82	13,8	14,1	1,5	-	3,11
155	"_ IV	10Л	210	0,233	29,2	21	150	78,9	13	13,6	1,4	-	3,61
156	"_ IV	10Л	230	0,195	29,7	21,2	131	68,8	11,5	13,2	1,3	-	4,18
Данилин и др., 1996а,б; Эвенкия, Нижняя Тунгуска, Тура 580 м над ур. моря 63°00' с.ш. 103°00' в.д.													
157	Брс. IV	10Л	30	5,2	3,5	6,7	20	8,22	1,5	1,97	0,93	-	6
Митрофанов, 1977; Красноярский край, Стрелка - Чуня 62°00' с.ш. 102°30' в.д.													
158	Глб.-злм. Vb	8Л2К	225	0,515	11	10	48	30,1	6,7	2,7	1,9	-	-
Южная тайга													
Крауглис и др., 1975; Красноярский край, бассейн р. Чуни 57°10'с.ш. 97°50' в.д.													
159	Субгидроморф IV	5Л5П	70	3,311	13,2	12	244*	122,0*	16,8	17	9,06	-	1,51
160	Субгидроморф III	4Л3С2П1К	40	2,633	14	11	205*	102,0*	14,7	23,6	7,4	-	2
<i>Larix cajanderi</i>													
Восточно-Сибирская провинция													
Северная тайга, долинные леса													
Митрофанов, 1984; Якутия, Жиганск 67°00' с.ш. 123°00' в.д.													

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
161	Глб.-брс.-злм. IV	10Л	60	1,360	11	12	87	43,1	8,3	7,3	1,2	-	4,7
Митрофанов, 1984; Якутия, Верхоянск, Батагай								68°00' с.ш. 134°00' в.д.					
162	Шкш.-брс.-лиш. IV	10Л	255	0,433	17	20	86	43,8	6,7	2,3	1,1	-	-
163	Шкш.-тлк. V	10Л	90	0,465	9	9	13	6,1	1,2	0,9	0,5	-	1,5
164	Ер. IV	10Л	32	1,025	7	7	31	14,9	3,3	2,1	1,3	-	1,5
165	Шкш.-брс. V	10Л	44	3,040	5	6	60	29,3	6,5	1,1	0,8	-	-
166	Брс.-злм. Va	10Л	200	0,470	14	12	52	25,7	5	3,5	1,6	-	1,8
Северная тайга, горные леса													
Митрофанов, 1984; Якутия, Жиганск								67°00' с.ш. 123°00' в.д.					
167	Баг.-брс. Vb	10Л	300	0,950	12	9	60	29,8	5,7	3,8	0,6	-	7,8
Митрофанов, 1984; Якутия, Верхоянск, Батагай								68°00' с.ш. 134°00' в.д.					
168	Баг.-злм. Va	10Л	190	0,950	13	11	76	37,8	7,3	2	1,1	-	-
169	Ер.-лиш. Va	10Л	85	0,475	10	10	21	10,2	2	1,2	0,6	-	0,4
Поздняков, 1967, 1975 а,b; Якутия, Жиганск								67°00' с.ш. 123°00' в.д.					
170	Баг.-злм. Vb	10Л	350	0,995*	10	8	56	31,4	4,9	2,7	0,7	8,8	5,3
Поздняков, 1975 а,b; Якутия, Верхоянск								68°00' с.ш. 134°00' в.д.					
171	Ер.-лиш. Va	10Л	150	0,490*	15	13	55	30,9	5,6	2,1	0,4	-	-
172	Брс. V	10Л	170	0,370*	19	18	87	49,4	8,2	2,2	0,8	-	-
Kajimoto et al., 1998; Якутия, р. Индигирка, Оймякон								1100 м над ур. моря 63°00' с.ш. 145°00' в.д.					
173	Баг.-брс.-рдд. Vc	10Л	150	0,85	6,57	4,46	10,3*	6,42	-	0,93	0,2	2,88	-
Щепашенко и д.р., 2001, 2008; Северо - восток Якутии, устье р. Джанкы при впадении в Яну								67°00' с.ш. 133°00' в.д.					
174	Брс.-злм. Va	10Л	125	2,4	10,4	10,6	72*	39,9	7,73	5,73	1,47	-	-
175	Брс.-злм. Vb	10Л	127	2,293	6,1	6,2	31*	17,2	3,46	2,16	0,59	-	-
176	Брс.-злм. Vc	10Л	92	0,235	5,7	5,4	5,9*	3,23	0,68	0,26	0,08	-	-
177	Брс.-злм. Vc	10Л	113	1,3	7,2	5,6	23*	12,5	2,5	1,58	0,42	-	-
178	Брс. Vc	10Л	124	1,79	9,8	10	53*	29	5,68	3,84	0,99	-	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
179	Брс.-злм. Vc	10Л	115	0,679	7,5	6,2	12,3*	6,76	1,35	0,95	0,26	-	-
Средняя тайга													
Поздняков, 1975 а,б; Якутия Лено - Алданское междуречье 62°30' с.ш. 132°00' в.д.													
180	Арк.-глоб. V	10Л	180	1,275*	14	15	140	77,6	13,3	8	1,4	-	3,38
181	Рзт.-брс. V	10Л	200	0,496*	24	18	186	105,8	17,5	12,6	2,1	-	3,88
Поздняков, 1963, 1967, 1975 а,б; Якутия, Якутск 62°00' с.ш. 130°00' в.д.													
182	Лмн.-брс. V	8Л2Б	14	112	1	1,8	16,9*	9,1	-	2,2	2,1	-	0,03
183	То же V	10Л	22	-	-	3	38,5*	20,8	-	3,6	1,9	-	-
184	"_ IV	9Л1Б	50	4,438	7	12	110	61	10,2	4,8	2,2	17	0,09
185	"_ IV	10Л	90	2,704	12	17	230	131,3	21,2	8,7	3,4	-	0,39
186	"_ IV	10Л	130	0,976	16	18	175	100,2	16,5	7	2,1	-	1,33
187	"_ V	10Л	170	0,708	19	18	190	109,2	17,7	8,3	2	-	1,82
188	Олх.-брс. V	10Л	120	0,485	17	14	97	43,9	11	3,9	1,7	-	6,46
189	Злм.-баг. Vb	10Л	130	0,575	11	7,7	39	18,2	3,8	2,1	0,64	-	4,39
190	Грш.-брс. III	9Л1Б	50	4,127	7	12,1	122	65,9*	-	13,4	2,2	-	0,08
191	Лмн.-брс. IV	10Л	100	2,704	11,5	17,4	264	142,6*	-	22,1	2	-	0,29
192	То же IV	10Л	130	0,976	16,3	18,4	168	94,8	14	9,1	2,7	26,4	1,06
Кутафьев, Митрофанов 1973; Митрофанов, 1977; Якутия, Сунтар 62°00' с.ш. 118°00' в.д.													
193	Брс. V	10Л	170	0,446	22	18	139	55,2	10,7	7,2	1,7	-	0,9
194	Тлк.-брс. V	9Л1С	173	0,713	16	16	141	81,6	13,4	6,8	2,1	-	1,1
Кутафьев, Митрофанов 1973; Митрофанов, 1977; Якутия, Якутск 62°00' с.ш. 130°00' в.д.													
195	Грш.-брс. IV	9Л1Б	70	4,438	7	12	122	50,8	10,2	2,6	2,2	-	0,1
196	Лмн.-брс. IV	10Л	120	2,704	12	17	230	131,3	21,2	8,7	3,4	-	0,3
197	Олх.-брс.-баг. V	10Л	130	0,506	17	14	184	109,2	17,7	8,3	2	-	1,5
198	Лмн.-брс. V	10Л	147	0,976	16	18	175	100,2	16,5	7	2,1	-	1,1

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
Yajima et al., 1998; Якутия, Якутск р. Кенкеме 220 м над ур. моря 63°00' с.ш. 129°00' в.д.													
199	Брс. Vb	10Л	200	2,235	9,3	8,97	176	110,4	-	11,6	2,34	23,2*	-
200	То же Vc	10Л	200	2,104	8,65	8,15	141	88	-	9,41	2,4	-	-
Shibuya et al., 1999; Якутия, Якутск р. Кенкеме 220 м над ур. моря 62°00' с.ш. 129°00' в.д.													
201	Мш. III	10Л	22	10	3	4,7	27,1	12,26	-	2,41	1,51	-	-
Kanazawa et al., 1994; Якутия, Якутск, Спасская Падь 220 м над ур. моря 63°00' с.ш. 129°00' в.д.													
202	V	10Л	169	0,9	19,3	16,9	213	114,9	-	6,43	1,68	108,6	13,7
Поздняков, 1967, 1975 а,б; Якутия, Олекминск 60°20' с.ш. 121°00' в.д.													
203	Лмн.-брс. III	9Л1С	135	0,460*	29	24	324	184,3	33,1	17,5	3	-	3,67
204	Брс.-баг. Va	10Л	150	0,610*	14	12	56	32,6	4,2	2,9	0,9	9,1	7,5
Щербаков и др., 1979; Якутия, Олекминск 60°20' с.ш. 121°00' в.д.													
205	Брс.-шм IV	8Л2Е	180	1,16	18,8	18	200	112,0*	-	10,4	1,59	-	-
206	Брс. III	5Л4С1Б	50	1,691	10	12	75	42,0*	-	3,92	2,18	-	1,8
Schulze et al., 1995; Якутия, Якутск 300 - 350 м над ур. моря 60°51' с.ш. 128°16' в.д.													
207	Брс. Vb	10Л	49	50,8	2,66	3,78	79	36,9	-	2,39	4,31	-	-
208	То же Vb	10Л	130	4,8	7,6	8,66	133	62,6	-	6,83	2,29	-	-
209	"_ " V	8Л1Е1Б	125	1,76	12,9	15	180	84,5	-	6,06	2,04	-	-
210	"_ " V	8Л1Е1Б	125	2,246	10,9	13,6	155	72,9	-	5,8	1,95	-	-
211	Олх. V	9Л1Б	137	1,425	15,9	13,6	237	111,1	-	6,83	2,26	-	-
212	Баг. Va	8Л2Б	131	1,175	13,9	12,6	141	66	-	4,72	1,58	-	-
213	Лиш. Va	8Л2Е	380	0,607	20,4	15,3	177	83,3	-	4,38	1,43	-	-
Дальний восток													
Северная тайга, долинные леса													
Сныткин, 1971; Поздняков, 1975б; Магаданская обл., Охотское побережье 60°00' с.ш. 148°00' в.д.													
214	Мш.-лиш. Vb	10Л	50	2,5	5,8	4,5	5	2,67	-	2,75	1,29	-	10,7

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
215	Лиш.-баг.-злм. V	10Л	15	6,875	0,5	1,31	0,6	0,32	-	0,22	0,25	-	8,7
216	Лиш.-злм. Va	10Л	50	3,1	5,7	5,44	11,3	6	-	2,87	1,47	-	10,9
217	Брс.-длм. IV	10Л	50	5,85	7	10,9	131	69,4	-	18,6	7,23	-	1,5
218	Длм. IV	10Л	50	5,8	6,1	8,61	46,2	24,5	-	6,13	4,53	-	4,2
219	Брс.-оск.-длм. IV	10Л	30	3,74	7,6	7,1	34	18	-	9,2	3,79	-	2,2
220	Оск. IV	10Л	30	2,625	6,7	6,17	15,6	8,29	-	5,63	2,65	-	-
221	Оск.-шкш. Va	10Л	40	4,725	4	4,04	6,1	3,24	-	4,01	2,76	-	11,3
Москалюк, 1979, 1980, 1984; Магаданская обл., среднее течение р. Яны 60°30' с.ш. 148°00' в.д.													
222	Ртз.-хвщ. III	10Л	146	0,504	27,5	24,6	306	157,9	23,6	21,1	3,82	91,6	2,14
223	Злм.-брс. IV	10Л	181	0,627	22,6	22,2	236	123	8,97	14	2,35	90,7	7,66
224	Брс.-лищ. Va	10Л	193	0,86	14,3	13,3	78	50,7	3,98	3,3	0,75	40	8,8
Хлыновская., 1988; Магаданская обл., верховья р. Колымы 460 - 900 м над ур. моря													
225	Брс.-злм. IV	10Л	43	3,865	8,1	7,8	52,4	-	-	-	-	13,1	-
226	То же II	10Л	35	0,552	11,1	12,4	35,9	-	-	-	-	16,4	-
Зонн и др., 1963; Взнуздаев, Карпачевский 1961; Камчатка, Козыревск 65 м над ур. моря 56°00' с.ш. 160°00' в.д.													
227	Кус.-грв. III	10Л	250	0,692	54	26	370	192,4*	-	-	1,65	43,3	-
Северная тайга, горные леса													
Сныткин, 1971; Поздняков, 1975b; Магаданская обл., верховья р. Колымы 62°00' с.ш. 147°00' в.д.													
228	Баг.-брс. V	10Л	30	55,2	1,3	4,64	4	2,12	-	0,74	0,48	-	1,1
229	Брс. V	10Л	30	52,2	1,1	3,52	12,3	6,5	-	4,35	4,04	-	0,8
230	Зл.брс. IV	10Л	30	11,4	3,9	6,67	26	13,8	-	4,59	3,57	-	0,7
231	Глб.-брс.-злм. IV	10Л	30	9,1	4,1	5,85	17,6	9,35	-	5,52	4,3	-	4,4
232	Глб.-брс. IV	10Л	30	12,2	3,8	6,73	23,6	12,5	-	3,59	2,62	-	0,5
233	Злм.-брс. III	10Л	30	9,9	5	7,54	22,6	12	-	15,8	7,98	-	5,8
234	Оск.-сфг. V	10Л	30	5,5	4,1	4,94	7,09	3,76	-	2,44	2,06	-	11,4

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
235	Баг.-брс. V	10Л	30	4,6	4,7	5,29	7,43	3,94	-	0,39	0,4	-	2,6
236	То же V	10Л	30	7,55	3,2	4,22	5,47	2,9	-	1,8	1,13	-	3,5
237	Длм.-сфг. V	10Л	30	10,075	3,1	5,33	9,19	4,87	-	1,8	1,63	-	6
Москалюк, 1979, 1980, 1984; Магаданская обл., верховья р. Колымы 60°30' с.ш. 148°00' в.д.													
238	Оск.-сфг. Vb	10Л	208	0,394	12,3	8	23	12,6	1,77	1,62	0,44	14,9	6,6
Kajimoto et al., 1999б; Магаданская обл., р. Колыма, Плаксино 60°41' с.ш. 150°00' в.д.													
239	Баг.-брс. Vc	10Л	160	1,933	6,9	6,3	24*	11,9	-	3,2	0,9	10,6	-
Хлыновская и др., 1988; Магаданская обл., верховья р. Колымы 460 - 900 м над ур. моря 61°00' с.ш. 152°00' в.д.													
240	Брс.-злм. Va	10Л	150	0,275	24	11	53,6	-	-	-	-	8,25	-
241	То же Va	10Л	153	0,238	19,5	11,8	36	-	-	-	-	12,5	-
242	Сфг. Vc	10Л	150	0,196	9,5	5,5	5,8	-	-	-	-	6,9	-
243	Злм. Va	10Л	84	3,045	11,6	10	106	-	-	-	-	29,6	-
<i>Larix komarovii, L. Olgensis</i>													
Средняя тайга													
Дюкарев, Розенберг 1975; Козин и др., 1975; Хабаровский край, Северный Сихотэ - Алинь 140 - 400 м над ур. моря 50°00' с.ш. 140°00' в.д.													
244	Мкт.-пап. IV	9Л1Е	80	1,866	26,8	28,1	483	242,9	23,2	24,7	5,96	-	0,41
245	трв.-злм. V	9Л1Е	79	4,79	17,3	17,1	399	196,1	15,4	24,4	5,28	-	4,1
Опритова и др., 1982; Хабаровский край, Северный Сихотэ - Алинь 140 - 400 м над ур. моря 50°00' с.ш. 140°00' в.д.													
246	I	7Л1Е1П1К	85	0,559*	26,9	26	367	196	-	27,2*	2,8*	-	4,6
247	I	9Л1Е	90	0,548*	29,4	30	473	243	-	28,1*	2,9*	-	0,8
Выводцев и др., 2007; Хабаровский край, нижнее течение р. Амура, с. Богородское, Ульчский лесхоз 52°30' с.ш. 140°40' в.д.													
248	II	9Л1Е	78	0,695	28,9	22,6	455	193	14,5	59,2	7	-	-
Выводцев и др., 2008; Хабаровский край, Советский лесхоз 48°30' с.ш. 139°00' в.д.													
249	II	9Л1Е	160	0,366	29,4	28,2	311	151	6,72	7,68	0,71	-	-
Хвойно-широколиственные леса													

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>	
Дюкарев, Розенберг 1975; Козин и др., 1975; Хабаровский край, Средний Сихотэ - Алинь в.д.									600 - 900 м над ур. моря 45°00' с.ш. 135°00'					
250	Злм.-пап. Va	7Л3Е	34	9,394	10,4	13	185	70	11	12	5,9	-	-	
251	То же Va	7Л3Б	34	12,629	9,7	12	264	71,9	10,3	13,7	6,6	-	3,64	
252	"_ Va	9Л1Б	34	5,252	11,1	13	208	106,4	17,4	13,5	4,57	-	1,59	
Опритова и др., 1982; Приморский край, Средний Сихоте - Алинь в.д.									600 - 900 м над ур. моря 45°00' с.ш. 135°00'					
253	I	5Л5Е	35	1,598*	12	14	127	72	-	16,7*	3,3*	-	3,7	
254	Ia	7Л3Е	35	1,916*	12,5	16	171	79	-	16,7*	3,3*	-	-	
255	I	9Л1Е	30	2,854*	12	13	202	103	-	14,2*	2,8*	-	1,9	
Забайкальская горная провинция														
<i>Larix gmelinii</i>														
Средняя тайга														
Панарин и др., 1980; Амурская обл., Тундра									740-1447 м над ур. моря 55°30' с.ш. 123°30' в.д.					
256	Брс. III	8Л2Б	65	0,672	18	16	180	138,1	24,9	9,8	2,9	-	2,75	
257	Баг. V	10Л	60	1,531	12	10	66	52,6	9,5	5	1,4	-	7,2	
258	Шкш. IV	7Л3С	160	0,364	24	19	157	125	22,5	7,7	3,8	-	4,4	
259	Сфг. V	10Л	160	0,075	16	14	21	16,7	3	1,5	0,5	-	6	
260	Олх.-баг. V	10Л	110	0,042	18	14	74	58,9	10,6	5,6	1,5	-	22,5	
261	Баг. V	8Л2К	130	0,146	20	16	32	25,4	4,5	2,4	0,7	-	5,1	
262	Рдд.-олх. III	10Л	90	0,195	21	19	62	47,5	8,6	3,4	1	-	23,9	
263	Олх. IV	10Л	110	0,359	21	18	101	77,4	13,9	4,8	2,3	-	10,1	
264	Оск.-шкш. Va	10Л	40	4,725	4	4,04	6,1	3,24	-	4,01	2,76	-	21,6	
Панарин и др., 1980; Южная Якутия, Алданское нагорье, Тимптон									947-1192 м над ур. моря 55°30' с.ш. 123°30' в.д.					
265	Олх.-кдс. IV	10Л	160	0,37	24	20	160	120	21,6	7,4	3,6	-	26,6	
266	Глб.-ер. V	10Л	160	0,286	14	14	80	60,5	10,9	5,7	1,5	-	3,8	
267	Ер. IV	10Л	140	0,237	22	18	57	43,1	7,8	4,1	1,1	-	4,7	



№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
268	Глб.-баг. V	10Л	160	0,107	24	15	30	26,4	4,7	2,5	0,7	-	3,8
Панарин и др., 1980; Южная Якутия, Алданское нагорье, Большой Нимныр 1250 м над ур. моря								54°00' в.д. 109°30' в.д.					
269	Кдс. Va	10Л	40	0,015	1,5	2	0,5	0,37	0,07	0,03	0,02	-	27,9
<i>Larix czekanowskii</i>													
Южная тайга													
Паутова, 1976а; Моложников, Паутова 1976; Бурятия, Сосновка, р. Шумилиха								500 м над ур. моря 57°40' с.ш. 126°00' в.д.					
270	Брс.-баг.-лиш. V	9Л1К	120	0,52	19,1	16	71	30,4	-	4,9	1,02	61,4	15,5
Паутова, 1969; Оз. Байкал, Большой Ушканий остров								53°30' с.ш. 107°00' в.д.					
271	Брс.-рзт. IV	10Л	90	1,094	16	16,3	174	-	-	-	3,5	-	-
272	Рдд. IV	10Л	90	1,031	16	16,3	164	-	-	-	3,3	-	-
273	Рзт. IV	8Л2Б	90	1,544	16	16,3	156	-	-	-	4,3	-	-
274	Оск.-рзт. III	10Л	130	0,624	24	23,5	306	-	-	-	3	-	-
275	Брс.-рзт. V	10Л	150	0,764	20	16	187	-	-	-	2,8	-	-
276	Рзт III	9Л1Б	110	1,028	28	22,5	305	-	-	-	2,8	-	-
277	Олх.-рдд. IV	10Л	190	2,308	28	20,5	199	-	-	-	2,3	-	-
278	Рдд. IV	10Л	190	0,748	28	20,5	204	-	-	-	1,9	-	-
Бейдемман и др., 1969; Оз. Байкал, Большой Ушканий остров								53°30' с.ш. 107°00' в.д.					
279	Ртз. II	9Л1Б	120	1,300*	16,9*	25	277	130,2	-	21,1	1,75	-	0,44
280	Брс.-рзт.-рдд. IV	10Л	100	1,031	16	16	156	74,7	-	7,63	3,88	-	1,09
Касьянова, Погодаева 1979; Читинская обл., р. Хилок, Беклемишевкие озера								52°15' с.ш. 113°00' в.д.					
281	Рдд. IV	5Л5Б	110	0,121*	24	20	50*	30,3	-	4,58	1,29	-	2,4
282	То же IV	5Л5Б	110	0,148*	24	20	61*	36,7	-	5,58	1,34	-	2,25
283	" IV	5Л5Б	110	0,114*	24	20	47*	28,1	-	4,07	1,09	-	3,3
284	" IV	8Л2Б	110	0,221*	24	20	91*	54,4	-	7,7	2,04	-	2,41
285	" IV	9Л1Б	110	0,285*	24	20	118*	71,1	-	9,09	2,5	-	1,98

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
286	Брс.-баг. III	5Л5Б	85	1,156*	12	18	110*	65,8	-	10,7	2,88	-	8,88
287	То же III	6Л4Б	85	1,282*	12	18	122*	73,3	-	11,5	3,43	-	7,72
288	"_ III	7Л3Б	85	1,158*	12	18	110*	65,7	-	9,45	2,87	-	6,3
289	Брс. II	10Л	80	0,573*	20	23	185*	111,3	-	15,2	4,19	-	3,93
290	То же II	10Л	80	0,659*	20	23	213*	128	-	17,3	4,92	-	3,33
291	"_ II	10Л	80	0,681*	20	23	220*	131,8	-	17,9	5,04	-	3,34
Панарин, 1977; Читинская обл., Чита, Нерчинск								52°00' с.ш. 114°00' в.д.					
292	Рдд.-олх. IV	10Л	80	0,63	21,1	15	156	78,0*	-	-	-	10,9	-
293	Баг. V	10Л	80	0,5	19,2	12	87	43,5*	-	-	-	28,5	-
294	Ер. IV	10Л	80	0,854	18,1	15	156	79,0*	-	-	-	36,4	-
Онучин, 1986; Бурятия хр. Хамар - Дабан 1020-1200 м над ур. моря								51°00' с.ш. 105°30' в.д.					
295	Злм.-брс.-баг. III	8Л2С	130	2,132	28,4	23	302	181,2*	-	16,6	0,98	-	-
296	Рдд.-рзт. IV	7Л3С	140	1,54	27,1	19,3	240	144,0*	-	12,4	1,12	-	-
<i>Larix sibirica</i>													
Алтае - саянская горная провинция													
Лесостепь													
Ведрова и др., 2000; Красноярский край, р. Кемчуг								56°13' с.ш. 92°19' в.д.					
297	Суглинок II	10Л	25	4,34	7,5	8,9	123	57,9	8,1	6,5	2,2	16,6	-
Сафонова, Нипа, 1979; Хакасия, Сонский								54°00' с.ш. 90°20' в.д.					
298	Рзт.	10Л	10	4,185	-	-	3,3*	1,54	-	1,02	0,71	0,79	-
299	То же	10Л	16	4,1	-	-	26*	11,55	-	7,96	2,7	7,74	-
Шевелев, 1998, 2001; Хакасия: Горячегорск, Шушенское, Абаза								54°00' с.ш. 90°30' в.д.					
300	Злм. IV	8Л2Б	82	0,783	17,9	15,6	193	104,2	19	13,5	4,5	-	-
301	То же IV	7Л3Б	124	0,737	19,9	16,8	237	128	25	18,9	5,4	-	-
302	"_ IV	10Л	73	1,208	13,6	13,3	240	129,6	22	17,1	7,2	-	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
303	Лиш. V	9Л1Б	92	1,412	14,5	14,3	352	190,1	25	18	6,3	-	-
304	Злм. IV	10Л	170	1,1	23,4	22,3	586	316	43	27,9	8,1	-	-
305	Рэт. III	9Л1Б	74	0,66	23,2	19,8	290	156,6	27	20,7	5,4	-	-
306	Злм. IV	7Л3Б	76	0,689	16,8	15,9	160	86,4	17	12,6	4,5	-	-
Фалалеев, 1985; Фалалеев, Шевелев 1983; Хакасия, Горячегогорск, Абаза 54°00' с.ш. 90°30' в.д.													
307	Рэт. III	10Л	50	0,468	19,3	14,3	111	57,8	10,1	5,9	1,5	-	-
308	То же III	10Л	70	0,338	24,1	17,8	153	75	12,2	7,8	1,8	-	-
309	" III	10Л	90	0,278	27,4	20,2	181	86,8	13,1	10	2,1	-	-
310	" III	10Л	130	0,227	31,6	23,5	217	99,8	15,3	12,8	2,5	-	-
311	" III	10Л	170	0,199	34,5	25,5	228	104,8	16,2	14,9	2,6	-	-
312	" III	10Л	270	0,18	37,1	27,5	243	109,2	16,9	15,5	2,7	-	-
313	" III	10Л	50	0,854	17,5	14,3	161	83,8	14,6	8,3	2,4	-	-
314	" III	10Л	70	0,602	22,1	17,8	218	107	17,4	11	2,7	-	-
315	" III	10Л	90	0,486	25,4	20,2	258	124,1	18,8	14,5	2,8	-	-
316	" III	10Л	130	0,391	29,5	23,5	319	146,9	22,2	17	3,5	-	-
317	" III	10Л	170	0,343	32,2	25,5	341	157,1	24	20,2	3,8	-	-
318	" III	10Л	270	0,306	34,8	27,5	368	165,5	25,3	21,4	3,9	-	-
319	" III	10Л	50	1,396	15,8	14,3	203	105,8	18,7	11,4	3,5	-	-
320	" III	10Л	70	0,962	20,2	17,8	278	136,1	22,2	15,2	3,8	-	-
321	" III	10Л	90	0,763	23,4	20,2	328	157,3	25,6	17,8	4,2	-	-
322	" III	10Л	130	0,608	27,3	23,5	408	187,7	28,4	20,9	5,3	-	-
323	" III	10Л	170	0,526	30	25,5	448	206,2	31,2	23,3	5,5	-	-
324	" III	10Л	270	0,47	32,4	27,5	485	218,3	33,4	27,9	5,5	-	-
325	" III	10Л	50	2,191	14,1	14,3	243	125,9	22,2	13,8	4	-	-
326	" III	10Л	70	1,449	18,4	17,8	328	162,1	26,4	16,4	4,3	-	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
327	_ _ III	10Л	90	1,151	21,3	20,2	390	186,7	30,4	21,5	4,5	-	-
328	_ _ III	10Л	130	0,886	25,3	23,5	483	223,4	33,8	25,9	5,3	-	-
329	_ _ III	10Л	170	0,766	27,8	25,5	543	248,9	37,6	29	5,7	-	-
330	_ _ III	10Л	270	0,677	30,2	27,5	606	271,8	41,1	30,7	7,2	-	-
331	Злм. IV	10Л	50	0,207	23,7	11,4	82	42,9	7	4,5	1	-	-
332	То же IV	10Л	70	0,196	25,8	14,2	102	52,1	7,9	5,6	1,1	-	-
333	_ _ IV	10Л	90	0,19	27,2	16,4	118	57,7	8,7	6,8	1,3	-	-
334	_ _ IV	10Л	130	0,18	29,1	19,2	136	65,4	9,9	7,6	1,5	-	-
335	_ _ IV	10Л	170	0,172	30,4	20,9	148	69,6	10,5	8,1	1,6	-	-
336	_ _ IV	10Л	270	0,166	31,7	22,7	156	73,3	11,2	8,8	1,6	-	-
337	_ _ IV	10Л	50	0,717	18	11,4	148	76,8	13,4	8	1,8	-	-
338	_ _ IV	10Л	70	0,608	20,7	14,2	179	91,3	14,9	9,6	2,1	-	-
339	_ _ IV	10Л	90	0,551	22,6	16,4	212	103,9	16,9	10,9	2,4	-	-
340	_ _ IV	10Л	130	0,478	25,3	19,2	251	120,5	18,2	14	2,8	-	-
341	_ _ IV	10Л	170	0,444	26,8	20,9	277	130,1	19,7	14,9	3,3	-	-
342	_ _ IV	10Л	270	0,411	28,5	22,7	300	141,1	21,3	16	3,7	-	-
343	_ _ IV	10Л	50	1,536	14,2	11,4	167	86,8	15,5	10,2	3,2	-	-
344	_ _ IV	10Л	70	1,161	17,3	14,2	218	111,4	19,4	10,9	3,4	-	-
345	_ _ IV	10Л	90	0,976	19,6	16,4	261	127,7	20,8	12,6	3,7	-	-
346	_ _ IV	10Л	130	0,791	22,7	19,2	314	150,9	24,6	15,1	4,2	-	-
347	_ _ IV	10Л	170	0,714	24,4	20,9	350	164,5	26,8	16,2	4,8	-	-
348	_ _ IV	10Л	270	0,639	26,4	22,7	384	180,3	27,3	17,8	5,3	-	-
349	_ _ IV	10Л	50	3,45	10,4	11,4	178	84	17,2	13,5	4,4	-	-
350	_ _ IV	10Л	70	2,216	14	14,2	241	123,9	22,1	14,5	4,7	-	-
351	_ _ IV	10Л	90	1,705	16,6	16,4	293	144,3	25,5	15,4	5	-	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
352	__ IV	10Л	130	1,253	20,2	19,2	368	175,9	28,6	16,7	5,8	-	-
353	__ IV	10Л	170	1,087	22,1	20,9	409	194,2	31,6	18,6	6,3	-	-
354	__ IV	10Л	270	0,941	24,3	22,7	460	215	32,5	20,1	7,4	-	-
Митрофанов, 1978; Тува, южный склон западного Саяна, Сарыг - Сеп 52°00' с.ш. 95°30' в.д.													
355	Оск.-хвщ. IV	7Л3Е	200	0,8	24	20	103	55,3	9,2	6	3,6	-	23,7
356	Зл.-ртз. IV	9Л1Б	120	0,36	26	19	230	138	21,8	10,8	2,3	-	2
357	Рзт.-оск. Va	10Л	120	1,2	14	13	199	116,5	21,9	8,7	2,6	-	-
Поздняков, 1975a,b; протопопов, Горбатенко 1968; Протопопов, 1971; Тува, Западный Саян, Сарыг - Сеп 750-1000 м над ур. моря 52°00' с.ш. 95°30' в.д.													
358	Зл.-ртз. IV	9Л1Б	40	7,188*	6	9	98	66,2	9,2	5,4	2,2	19,9	2,75
359	То же IV	8Л2Б	80	1,340*	13	15	126	88,7	10,9	10,3	3	26,6	4,5
360	__ III	7Л2Б1Е	170	0,752*	21	24	278	146,5	10,5	7,5	4,8	35,5	2,5
361	Брс.-баг.-злм. IV	10Л	180	0,379*	30	20	244	137	21,4	9,8	2,3	38	4,1
Ширинская степь													
Литвинова, 2009; Литвинова и др., 2009; Хакасия, Шира 54°25' с.ш. 90°00' в.д.													
362	Кул. III	10Л	37	-	12,5	9,9	297	142,7	-	37,6	5,5	-	-
363	То же III	10Л	37	-	12,8	10,3	303	138,4	-	42	6,5	-	-
364	__ III	10Л	37	-	13,4	9,6	316	144,1	-	44	6,9	-	-
365	__ II	10Л	37	-	14,2	11	351	169,8	-	44,5	6,8	-	-
366	__ II	10Л	37	-	15	12,1	367	167	-	52,4	9,2	-	-
<i>Larix sibirica</i>													
КАЗАХСТАН													
Усольцев и др. 2014; Тургайский прогиб, Аман - Карагайский бор, сухая степь 100 - 120 м над ур. моря 52°20' с.ш. 64°00' в.д.													
367	Св. Ia	10Л	41	1516	19,6	17,3	498	209,91	28,83	17,62	4,28	-	-
368	Св. Ia	10Л	41	811	21,4	15,5	275	109,18	18,48	15,11	3,39	-	-
369	Св. Ia	10Л	40	1600	19,2	15,6	410	168,63	26,86	15,19	6,42	-	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
370	Св. I	10Л	40	1633	18,1	14,4	326	135,49	22,56	21,53	7,67	-	-
371	Св. I	10Л	40	1825	16,5	15,4	398	167,33	24,25	15,4	3,53	-	-
372	Св. I	10Л	40	1200	18,9	14,9	297	116,71	20,59	14,33	4	-	-
373	Сух. I,5	10Л	40	2350	16,8	14,9	391	180,14	29,9	15,63	6,57	-	-
374	Сух. I,5	10Л	40	1750	17,9	14,4	343	142,59	23,8	22,25	7,9	-	-
375	Сух. II	10Л	40	1950	18,4	16,8	468	228,89	32,49	22,2	6,26	-	-
376	Сух. II	10Л	40	1475	18,7	15,6	365	143,44	25,2	17,66	4,94	-	-
<i>Larix czekanowskii</i>													
МОНГОЛИЯ													
Данилин, 1995, 2004; Восточный Хентэй: р. Онон 49°10'с.ш. 110°00'в.д.													
377	IV	10Л	16	54,5	1,6	3,8	39	17,2	5,45	11,8	4,47	-	0,38
378	III	10Л	28	5,2	5,9	7,9	74	32	8,38	14,3	5,21	-	0,42
379	III	10Л	30	9,1	7,5	9,5	212	91,9	20,7	10,2	3,23	-	0,005
380	I	10Л	37	1,2	18,4	15,4	305	134,1	21,7	16,5	3,63	-	2,13
381	III	10Л	70	1,5	18,9	18,1	397	168,3	28,4	10,3	2,72	-	1,92
<i>Larix gmelinii</i>													
Краснощеков, 1982; Савин, Дугаржав, 1983. Северный склон хр. Хангай 1920 м над ур. моря 47°30'с.ш. 100°00'в.д.													
382	III	10Л	250	0,811	25,8	22,2	450	297	-	24	3,19	-	2,38
383	IV	10Л	250	0,355	21	18,3	106	76,2	-	7,57	1,04	-	2,38
384	IV	10Л	250	0,455	25,7	21	235	155,1	-	20,8	2,73	-	1,88
<i>Larix sibirica</i>													
КИТАЙ													
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 1650 м над ур. моря 47°48' с.ш. 88°06'в.д.													
385	-	10Л	30	9,38	-	-	64,4	26,09	-	3,42	1,91	20,52	1,45
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 2100 м над ур. моря 43°48' с.ш. 93°00'в.д.													

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
386	-	10Л	132	1,116	-	-	214	91,58	-	12,22	4,64	42,23	4,19
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район								1900 м над ур. моря 48°06' с.ш. 88°24'в.д.					
387	-	10Л	71	2,178	-	-	357	145	-	19,3	9,13	63,93	6,6
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район								1883 м над ур. моря 48°00' с.ш. 86°54'в.д.					
388	-	10Л	172	1,028	-	-	378	171,8	-	23,06	7,95	66,58	7,49
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район								1700 м над ур. моря 47°42' с.ш. 86°54'в.д.					
389	-	10Л	177	1,117	-	-	522,5	238,3	-	33,69	10,06	87,2	10,26
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район								1946 м над ур. моря 47°48' с.ш. 88°42'в.д.					
390	-	10Л	107	1,775	-	-	284,6	120,5	-	16,35	6,82	50,4	5,39
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район								1871 м над ур. моря 47°00' с.ш. 89°24'в.д.					
391	-	10Л	157	1,054	-	-	563,3	249,8	-	33,31	11,25	92	10,74
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район								1984 м над ур. моря 47°06' с.ш. 89°18'в.д.					
392	-	10Л	156	3,163	-	-	390,7	172	-	22,95	8,34	65,83	7,48
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район								2298 м над ур. моря 42°48' с.ш. 93°06'в.д.					
393	-	10Л	139	1,263	-	-	482,7	196,5	-	26,42	10,67	72,72	8,52
Ni, 2004; Китайский Алтай								1855 м над ур. моря 47°50' с.ш. 87°50'в.д.					
394	-	5Л,5Е	156	-	-	-	-	186,3	-	25,4	8,3	71,5	-
395	-	5Л,5Е	121	-	-	-	-	206,9	-	36,4	20,6	69,9	-
<i>Larix gmelinii</i>													
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								650 м над ур. моря 52°30' с.ш. 124°30'в.д.					
396	-	10Л	100	0,4	-	-	101,0*	42,7	-	4,94	2,27	4,68	1,52
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								700 м над ур. моря 50°20' с.ш. 123°00'в.д.					
397	-	10Л	55	1,34	-	-	150,0*	63,5	-	7,6	3,03	23,81	2,72
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								800 м над ур. моря 52°12' с.ш. 120°48'в.д.					
398	-	10Л	171	0,624	-	-	212,0*	96,8	-	13,7	3,26	24,38	3,84

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						800 м над ур. моря	50°24' с.ш. 121°42' в.д.					
399	-	10Л	59	2,946	-	-	120,0*	50,7	-	5,96	2,33	15,01	2,06
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						781 м над ур. моря	50°48' с.ш. 121°30' в.д.					
400	-	10Л	136	0,748	-	-	226,5	105,2	-	13,9	4,69	42,86	4,63
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						637 м над ур. моря	50°24' с.ш. 124°00' в.д.					
401	-	10Л	136	0,565	-	-	216,3	79,2	-	11,2	3,66	32,51	3,52
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						820 м над ур. моря	48°24' с.ш. 121°24' в.д.					
402	-	10Л	37	7,289	-	-	143,7	59,1	-	7,84	3,87	39,71	3,07
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						1280 м над ур. моря	47°06' с.ш. 119°54' в.д.					
403	-	10Л	39	1,153	-	-	85,96	38,2	-	5,1	2,06	19,67	1,81
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						812 м над ур. моря	50°54' с.ш. 121°00' в.д.					
404	-	10Л	39	4,367	-	-	135,3	57,6	-	7,67	3,44	34,05	2,86
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						676 м над ур. моря	50°30' с.ш. 123°12' в.д.					
405	-	10Л	36	6,568	-	-	81,78	35	-	4,62	2,34	24,34	1,85
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						774 м над ур. моря	51°18' с.ш. 121°30' в.д.					
406	-	10Л	43	2,535	-	-	90,35	38,8	-	5,04	2,94	32,1	2,2
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						810 м над ур. моря	50°36' с.ш. 122°24' в.д.					
407	-	10Л	47	2,294	-	-	130,4	54,5	-	7,27	3,11	30,24	2,64
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						887 м над ур. моря	50°00' с.ш. 121°36' в.д.					
408	-	10Л	50	3,679	-	-	152	64,7	-	8,63	3,84	37,93	3,2
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						660 м над ур. моря	52°00' с.ш. 122°12' в.д.					
409	-	10Л	59	15,576	-	-	153,5	63,8	-	8,43	4,3	44,73	3,38
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						660 м над ур. моря	52°18' с.ш. 122°12' в.д.					
410	-	10Л	35	11,645	-	-	67,6	30,1	-	3,92	2,25	24,42	1,68
	Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия						737 м над ур. моря	51°18' с.ш. 120°48' в.д.					



№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
411	-	10Л	31	15,782	-	-	110,6	48,1	-	6,32	3,38	35,89	2,61
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия 846 м над ур. моря 49°30' с.ш. 121°18' в.д.													
412	-	10Л	53	4,04	-	-	149	63,5	-	8,46	3,77	37,3	3,14
Feng, Yang, 1985, 1995; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 47°00' с.ш. 123°00' в.д.													
413	III	10Л	186	0,792	24,6	24,3	450	177,4	33,4	10,9	1,96	84,1	10,9
414	V	10Л	175	0,811	17,3	17,4	164	76,3	19	6,96	1,46	81,4	30
415	Vb	10Л	107	2,934	8	8,1	75,1	39,4	6,6	3,02	0,53	23,1	49,1
Liu et al., 1994; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 47°00' с.ш. 123°00' в.д.													
416	-	10Л	34	-	-	-	82*	35,1	5,94	4,38	2,35	-	-
417	-	10Л	55	-	-	12,0*	109*	46,6	7,8	5,91	3,09	-	-
418	-	10Л	29	-	-	14,0*	111*	47,7	7,94	6,39	2,6	-	-
419	-	10Л	54	-	-	-	144*	61,6	9,42	7,85	2,9	-	-
Liu et al., 1994; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 50°00' с.ш. 124°00' в.д.													
420	-	10Л	34	-	-	-	-	35,1	5,94	4,38	2,35	-	-
421	-	10Л	55	-	-	12,0*	-	46,6	7,8	5,91	3,09	-	-
Liu et al., 1994; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 47°00' с.ш. 122°00' в.д.													
422	-	10Л	29	-	-	14,0*	-	47,7	7,94	6,39	2,6	-	-
423	-	10Л	54	-	-	-	-	61,6	9,42	7,85	2,9	-	-
Liu et al., 1994; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 44°00' с.ш. 119°00' в.д.													
424	-	10Л	29	-	-	16,0*	170*	72,6	9	8,95	3,79	-	-
Wu, Feng, 1995; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 700 м над ур. моря 48°00' с.ш. 125°00' в.д.													
425	-	10Л	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,04
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 800 м над ур. моря 44°18' с.ш. 129°24' в.д.													
426	-	10Л	114	0,394	-	-	376	159,2	-	21,3	6,91	53,29	6,69
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 441 м над ур. моря 51°42' с.ш. 126°36' в.д.													

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
427	-	10Л	75	1,14	-	-	137	56,8	-	8,4	2,93	25,58	2,6
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян								800 м над ур. моря 44°06' с.ш. 130°12'в.д.					
428	-	10Л	158	0,544	-	-	400	162,7	-	22,17	7,82	52,44	6,81
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян								876 м над ур. моря 52°36' с.ш. 124°12'в.д.					
429	-	10Л	53	2,422	-	-	143	70,6	-	11,76	5,2	34,16	3,38
Wang et al., 2001; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян								520 м над ур. моря 52°44' с.ш. 123°50'в.д.					
430	Va	10Л	90	0,293	8,3	10	6,1*	3,2	-	0,4	0,22	1,4	4,2
431	IV	10Л	90	0,386	17,9	19	68,4*	31,8	-	4,2	0,11	10,2	5,1
432	III	10Л	110	0,702	14,6	21	109,6*	43,2	-	5,8	1,33	12,6	5,55
433	III	10Л	90	0,489	18,4	21	118,3*	46,6	-	6,2	1,33	14	2,44
434	III	8Л1Б1Е	110	0,92	13,9	24	127,9*	50,4	-	7,6	1,55	14,2	-
435	III	10Л	90	0,486	18	20	112,7*	44,4	-	6	1,33	13,2	6,44
436	Va	10Л	110	1,34	15,9	12	259,0*	136	-	19,4	2,9	31,8	30
Cheng, Li, 1989; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян								800 м над ур. моря 50°40' с.ш. 121°50'в.д.					
437	IV	10Л	26	9,3	4,74	5,9	86,2	15,01	3,84	3,15	1,23	7,67	11,7
438	I	10Л	26	1,328	10,3	9,9	65,3	26,58	5,06	2,82	1,61	8,37	39,7
439	I	10Л	26	2,083	10,2	11,2	99,5	59,19	9,31	4,55	1,96	13,3	2,3
440	IV	10Л	55	2,5	8,7	9,6	79,9	35,07	4,78	4,52	1,98	11,2	11,3
441	I	10Л	55	0,545	20,4	18,6	140	63,83	8,87	6,31	2,14	19,4	38,8
442	I	10Л	56	0,975	18,8	20,8	152	95	12,99	12,31	5,08	41,9	5,2
443	V	10Л	75	3,7	7,2	8,9	89,2	40,16	5,74	4,69	2,36	13,8	13,5
445	IV	10Л	94	0,522	16,9	14,9	89,2	52,11	5,79	5,05	1,95	9,7	52,8
446	II	10Л	105	0,739	22,4	21,3	248	110,8	10,72	15,5	4,88	37,1	8
447	V	10Л	120	1,368	12,9	12,7	94,2	59,45	8,71	3,03	1,44	20,2	20,2
448	III	10Л	140	0,35	24,6	21,2	141	70,3	8,59	17,44	3,65	11,6	66,8

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
449	III	10Л	131	0,433	28,6	24,2	285	136,2	11,51	10,9	2,68	34,2	17,2
450	V	10Л	161	1,035	15,7	15,3	116	89,16	10,09	3,72	1,32	24,4	20,7
451	III	10Л	180	0,213	32,5	24,7	164	104,5	7,67	23,76	5,19	24,3	32,9
Xu et al., 1988; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 650 м над ур. моря 52°30' с.ш. 124°30' в.д.													
452	III	10Л	100	0,4	20	21	103,6	42,7	-	4,94	2,27	4,68	1,52
Shi, Matsuura, 2001; Shi et al., 2002; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 49°80' с.ш. 123°15' в.д.													
453	-	10Л	28	2,050*	-	-	92,6*	59,6	6,22	3	1,83	23,2*	-
454	-	10Л	58	2,300*	-	-	251*	131,9	14,16	11,5	3,76	53,0*	-
455	-	10Л	136	1,000*	-	-	263*	138,6	11,54	12,52	2,9	55,4*	-
456	-	10Л	32	2,050*	-	-	93,1*	59,9	5,97	2,66	1,78	23,1*	-
457	-	10Л	63	2,300*	-	-	218*	114,8	12,49	8,85	3,4	45,7*	-
458	-	10Л	142	1,000*	-	-	267*	140,7	15,26	16,52	3,84	58,0*	-
459	-	10Л	34	2,050*	-	-	109*	70	7,29	3,27	2,17	27,1*	-
460	-	10Л	60	2,300*	-	-	151*	79,5	7,97	4,71	2,25	31,1*	-
461	-	10Л	152	1,000*	-	-	245*	129,1	9,79	9,04	2,54	50,7*	-
462	-	10Л	34	2,050*	-	-	76,1*	49	3,93	2,62	1,08	19,0*	-
463	-	10Л	60	2,300*	-	-	215*	113,8	12,08	8,51	3,3	45,2*	-
464	-	10Л	171	1,000*	-	-	195*	103,3	10,88	9,29	2,86	41,5*	-
Jiang et al., 1999a; провинция Хэйлунцзян: хр. Большой Хинган 48°00' с.ш. 128°00' в.д.													
465	-	10Л	-	0,46	22,3	-	307	-	-	-	-	-	-
Liu et al., 1990; Провинция Хэйлунцзян 350 м над ур. моря 45°27' с.ш. 127°57' в.д.													
466	Иь	10Л	21	1,45	13,4	13,5	139	97,7	12,5	11	3,32	31,2	1,89
Ding et al., 1990; Провинция Хэйлунцзян: Маоершан 320 м над ур. моря 45°23' с.ш. 127°32' в.д.													
467	Иь	10Л	24	1,158	17,1	16,4	173,6	111,7	9,14	18,2	4,66	36,6	8,42
468	Иь	10Л	24	1,3	15,8	15,2	168,9	108,4	8,87	17,5	3,63	35,2	5,53

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
469	Ь	10Л	24	1,358	14,8	14,6	152,9	89,6	7,33	12,9	3,12	27,7	0,95
470	Ь	10Л	24	1,475	13,1	14,1	119	93,8	7,67	8,66	2,76	29,1	0,11
Han, 1994; Провинция Хэйлунцзян, Харбин								45°00' с.ш. 127°00' в.д.					
471	Ш	4Л6Б	45	0,69	16,2	17,2	58*	40,7	5,95	5,33	1,36	10,8	3,07
Li et al., 1981; Провинция Гири								900 м над ур. моря 42°45' с.ш. 128°16' в.д.					
472	П	10Л	160	0,36	37,6	30	439	206,7	-	14,2	5,06	23,2	1,91
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Гири								880 м над ур. моря 42°24' с.ш. 128°06' в.д.					
473	-	10Л	177	0,367	-	-	424	191,7	-	17,17	10,64	21,01	6,69
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Гири								1075 м над ур. моря 42°12' с.ш. 127°18' в.д.					
474	-	10Л	195	0,219	-	-	418	192,9	-	16,9	10,56	19,56	6,67
<i>Larix olgensis</i>													
Wu, Feng, 1995; Северо - Восточный Китай								1250 м над ур. моря 42°30' с.ш. 127°30' в.д.					
475	-	10Л	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
Zhang, 1992; Провинция Хэйбей								1200 м над ур. моря 41°120' с.ш. 117°40' в.д.					
476	-	10Л	16	3,84	-	-	53,5	27,7	-	9,74	4,83	-	-
<i>Larix Principis-Rupprechtii</i>													
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси								2212 м над ур. моря 37°52' с.ш. 111°34' в.д.					
477	-	10Л	48	0,652	-	-	131	60,54	-	6,04	1,95	9,64	2,17
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси								2123 м над ур. моря 38°40' с.ш. 111°53' в.д.					
478	-	10Л	54	0,709	-	-	134	60,92	-	6,05	1,94	9,79	2,18
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси								2299 м над ур. моря 38°50' с.ш. 112°02' в.д.					
479	-	10Л	43	1,098	-	-	122	53,77	-	5,29	1,67	8,8	1,93
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси								2278 м над ур. моря 38°57' с.ш. 112°07' в.д.					
480	-	10Л	46	0,588	-	-	156	72,19	-	7,22	2,34	11,44	2,59
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси								2367 м над ур. моря 39°10' с.ш. 113°38' в.д.					

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
481	-	10Л	62	1,145	-	-	202	89,77	-	9,46	3,45	14,53	3,25
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси								2055 м над ур. моря 37°55' с.ш. 111°28' в.д.					
482	-	10Л	53	1,607	-	-	234	131,8	-	14,78	3,99	24,03	4,85
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси								2300 м над ур. моря 39°00' с.ш. 112°12' в.д.					
483	-	10Л	55	2,07	-	-	315	133,6	-	13,17	4,18	21,77	4,8
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси								1850 м над ур. моря 37°50' с.ш. 111°30' в.д.					
484	-	10Л	31	2,166	-	-	253*	117,5	-	12,53	4,25	21,18	4,32
Wu, Feng, 1995; Северо - Восточный Китай								2300 м над ур. моря 45°00' с.ш. 115°00' в.д.					
485	-	10Л	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46,2
Zhang, Shanguan, 1992; Провинция Шаньси								2060 м над ур. моря 37°54' с.ш. 111°18' в.д.					
486	I	10Л	50	2,066	24,6	18,9	252,6	138,7	-	20,1	3,3	36,3	2,18
Chen et al., 1991; Провинция Шаньси								1830 м над ур. моря 37°30' с.ш. 111°16' в.д.					
487	Ia	10Л	42	1,429	17,6	20	255	167,7	-	14,8	3,8	33,6	13,9
Chen et al., 1991; Провинция Шаньси								1720 м над ур. моря 37°50' с.ш. 111°30' в.д.					
488	Ib	10Л	22	2,178	12,9	13,5	142	64	-	11,6	4,92	16,3	5,11
Chen et al., 1991; Провинция Шаньси								2000 м над ур. моря 37°50' с.ш. 111°30' в.д.					
489	Ia	10Л	36	1,63	16,1	19,8	284	143,9	-	11,7	3,74	24,7	0,51
Chen et al., 1991; Провинция Шаньси								2260 м над ур. моря 37°50' с.ш. 111°30' в.д.					
490	I	10Л	35	2,67	14,7	15,8	227	144,6	-	14,25	4,1	28,7	2,07
Zhu et al., 1993; Провинция Кингай								2810 м над ур. моря 37°10' с.ш. 100°39' в.д.					
491		10Л	16	1,55	11,3	-	44,2	15,7	3,23	10	1,01	9,58	26,9
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Сычуань								3638 м над ур. моря 30°54' с.ш. 102°24' в.д.					
492		10Л	193	0,375	-	-	285	94,75	-	12,99	3,95	34,07	4,06
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Сычуань								3600 м над ур. моря 30°54' с.ш. 102°18' в.д.					
493		10Л	164	0,428	-	-	350	105,6	-	24,38	4,68	24,73	4,43

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
Луо, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Юньнань 4240 м над ур. моря 28°37' с.ш. 99°13' в.д.													
494		10Л	100	0,428	-	-	237	97,11	-	12,9	4,27	37,75	4,23
<i>Larix leptolepis</i>													
ЯПОНИЯ													
Satoо, 1974а; О.Хоккайдо, подножие г. Асибету 300 м над ур. моря 43°13' с.ш. 142°23' в.д.													
495	Ia	10Л	21	1,24	15,1	15,3	169	67,5	-	12,1	4,5	-	2
Shibuya et al., 1999; О.Хоккайдо, Саппоро, Киооку 43°00' с.ш. 141°00' в.д.													
496	Ia	10Л	11	1,2	6,9	5,47	14,6	5,44	-	4,37	1,5	-	-
497	Ia	10Л	11	1,43	7,1	5,4	18,4	6,75	-	5,4	1,84	-	-
Satoо, 1970; О. Хонсю; влк. Ивате, Мориока 360 м над ур. моря 39°45' с.ш. 141°08' в.д.													
498	Ia	10La	39	1,155	19,9	19,4	355	145,4	-	15,5	3,59	35,6	7,3
Karizumi, 1974; Префектура Тотиги: Танзема 36°50' с.ш. 139°40' в.д.													
499	I	10La	51	0,822	20,9	17,6	263,9	106,4	-	13,6	2,48	30,1	-
500	III	10La	51	1,07	16,2	11,8	145,5	64,5	-	9,17	2,23	23,9	-
501	I	10La	31	0,933	15,3	11,7	107,3	49,8	-	6,3	2,6	16,8	-
502	IV	10La	31	1,52	10,4	6,4	48,6	23,7	-	4,51	0,53	9,73	-
Karizumi, 1974; Префектура Нагано: Нобеяма, Коморо, Уеда 36°30' с.ш. 138°10' в.д.													
503	IV	10La	47	2,1	10,7	9,1	92,4	38,8	-	5,53	2,04	14,8	-
504	V	10La	48	1,221	10,7	7	48,8	19,6	-	5,95	1,71	10,9	-
505	III	10La	45	1,44	12,8	11	105,1	43,8	-	6,06	1,83	18,6	-
506	IV	10La	48	0,761	14,6	10,1	76,9	34,5	-	5,27	0,94	13,1	-
507	III	10La	47	1,347	14,1	12,6	142,8	57,7	-	5,9	1,56	18,5	-
508	III	10La	47	1,445	14,4	11,7	156,1	62,9	-	5,15	2,2	19,4	-
509	I	10La	47	0,945	19,9	17	256,1	102,7	-	8,48	1,29	30,6	-
510	II	10La	47	0,563	19,5	14,7	139,6	56,4	-	6,63	1,39	18,9	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>Pst</i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>Pbr</i>	<i>Pf</i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>Pu</i>
511	I	10La	48	0,865	21,6	19,2	305,3	112,4	-	7,69	1,43	28,4	-
512	Ia	10La	33	0,85	23,2	17,8	313,7	152,8	-	22,8	2,46	39	-
513	I	10La	44	0,927	20,6	17,2	264,2	95,9	-	10,5	2,14	27,1	-
514	II	10La	44	1,089	18,6	12,7	190,6	68,6	-	13,6	3,14	29,2	-
515	I	10La	45	1,563	17,4	14,7	256,3	111,7	-	8,92	2,12	32,7	-
516	Ia	10La	45	0,997	21	18,4	293,1	124,6	-	8,12	2,47	32,6	-
517	Ia	10La	45	0,773	23,7	20,7	337,8	137,1	-	11,3	3,04	35,3	-
518	Ib	10La	45	0,444	27,6	23,6	314,4	129,2	-	13,3	2,42	32,1	-
519	Ib	10La	43	0,661	25,4	22,6	375,4	132,1	-	9,01	1,84	32,1	-
520	Ia	10La	45	0,655	24,2	21,5	317,7	124,5	-	12,2	2,42	31,9	-
521	IV	10La	52	2,762	13,4	10,1	209,9	81	-	13,6	2,98	28,4	-
522	II	10La	52	0,57	22,8	15,7	185,8	76,2	-	16,1	2,09	26,1	-
523	III	10La	52	1,395	18,6	13,5	262,3	103,3	-	16,2	3,22	35,2	-
524	IV	10La	52	2,099	14,4	9,9	159,5	63,5	-	13,7	2,91	24	-
525	II	10La	50	0,552	21,5	16,1	162,8	63,3	-	11,7	1,36	21,1	-
526	Ia	10La	51	0,367	28,6	21,8	250,7	97,8	-	14,9	1,73	25,9	-
527	III	10La	53	1,152	15,9	11,2	122,1	46,8	-	9,67	1,43	17,2	-
Kurashi et al., 1993; О. Хонсю: Нагоя 1040 м над ур. моря 35°00' с.ш. 137°00' в.д.													
528	Ia	10La	18	2,582	10,7	10,31	128	51,3	-	10,1	4,37	16,7	-
529	Ia	10La	19	2,531	11,2	10,99	148	59,2	-	10,5	4,54	19,3	-
530	Ia	10La	20	2,329	11,8	11,67	157	62,9	-	9,91	4,28	20,6	-
Natiya et al., 1966; О. Хонсю 1000 м над ур. моря 35°00' с.ш. в.д.													
531	Ib	10La	13	6,738	7,1	8,4	125	51,7	-	12,4	5,3	19,8	-
Kurachi et al., 1986; О. Хонсю: Нагоя 35°00' с.ш. 137°00' в.д.													
532	Ia	10La	20	2,2	11,3	11,6	132	54,1	-	5,02	2,33	-	-

№ п/п	Условия произрастания	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>
Research Group..., 1964; Префектура Нагано								36°30' с.ш. 138°10' в.д.					
533	Ic	10La	10	2,313	6,7	8,0*	21,6	12,7	-	5,19	3,54	-	-
534	Ia	10La	9	2,287	6,2	5,8*	42,5	17,1	-	11,3	4,18	-	-
535	Ia	10La	18	1,5	11,1	10,0*	71,3	36	-	12,5	4,21	-	-
536	-	10La	22	1,033	15,6	-	150,3	66,7	-	12,8	3,82	-	-
537	Ia	10La	28	0,821	18,9	16,0*	180,3	82,1	-	13,2	4,52	-	-
538	Ia	10La	43	0,55	18,1	18,0*	204	91,5	-	9,71	3,58	-	-
539	I	10La	48	0,675	20,7	18,5*	195	90	-	15,5	3,82	-	-
540	-	10La	56	0,19	34,4	-	194	105	-	18,6	3,82	-	-

## Приложение 5

База данных о фитомассе и годичной продукции (ЧПП) насаждений лиственницы (род *Larix* L.)

№ п/п	Класс бонитета	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								<i>P<sub>st</sub></i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>P<sub>br</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>P<sub>u</sub></i>	<i>Z<sub>st</sub></i>	<i>Z<sub>bark</sub></i>	<i>Z<sub>br</sub></i>	<i>Z<sub>f</sub></i>	<i>Z<sub>root</sub></i>	<i>Z<sub>u</sub></i>
Среднеевропейская провинция																			
ФРАНЦИЯ																			
<i>Larix decidua</i>																			
Sindani and Lejoly, 1990; юг Франции: Альпийская горная провинция								1700 м над ур. моря						44°00' с.ш 7°00' в.д					
1	-	10Л	35	1,179	17,4	12,1	124*	57,6	8,7	29,2	4,51	-	1,6	2,42	0,38	5,59	4,51	-	2,72
ЧЕХИЯ																			
Vyskot, 1982; Брно, Бланско								49°19' с.ш 16°40' в.д											
2	-	10Л	36	0,959	14,6	16,4	100	48,7	5,89	4,8	0,96	8,93	-	1,35	-	0,076	0,96	0,25	0,7*
РОССИЯ																			



№ п/п	Класс бони- тета	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								<i>Pst</i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>Pbr</i>	<i>Pf</i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>Pu</i>	<i>Zst</i>	<i>Z<sub>bark</sub></i>	<i>Zbr</i>	<i>Zf</i>	<i>Z<sub>root</sub></i>	<i>Zu</i>
Скандинавско-Русская провинция																			
Средняя тайга																			
<i>Larix decidua, L. Sukaczewii</i>																			
Говоренков, 1972.; Ленинградская обл., Карельский перешеек 50 м, над уровнем моря														60°30' с.ш. 30°00' в.д.					
3	Ia	10Л	230	0,275	51,6	40,0	965	427,6	52,0	37,9	6,52	98,0	6,17	3,11	0,49	1,72	1,61	-	1,38
Южная тайга																			
<i>Larix decidua, L. Sukaczewii</i>																			
Уткин и др., 1996; Ярославский регион, Рыбинск														58°06' с.ш. 38°42' в.д.					
4	Ia	10Л	22	2,450	12,4	12,7	194	98,3	13,0	13,4	3,87	-	-	6,67	0,87	2,37	3,87	-	-
5	Ia	10Л	29	1,990	14	15,3	258	129,3	17,1	12,6	3,31	-	-	5,15	0,74	2,20	3,31	-	-
Хвойно-широколиственные леса																			
Карасёва, 2003; Марийская республика, Йошкар - Ола														56°40' с.ш. 48°10' в.д.					
6	Ia	10Л	14	6,000	7,8	7,1	74,1	37,2	-	19,9	15,0	26,4	11,0	2,67	-	1,41	15	1,87	11
7	I	10Л	14	6,000	5,7	6,2	69,6	34,8	-	16,8	12,6	21,6	3,5	2,48	-	1,19	12,6	1,51	3,5
<i>Larix sibirica</i>																			
Алтае-Саянская горная провинция																			
Лесостепь																			
Уткин и др., 1980; Самарская область Красный яр														53°30' с.ш. 50°20' в.д.					
8	I	10Л	21	3,466	8,8	9,3	141	70,6	9,0	15,0	6,1	-	-	7,76	0,98	3,4	6,1	-	-
<i>Larix sibirica</i>																			
Западно-Сибирская провинция																			
Лесотундра, пойма																			
Усольцев и др., 1999а; Усольцев и др., 2004г; Ямало - Ненецкий автономный округ, р. Нгарка - Хатыдояха, Уренгой														66°30' с.ш. 78°00' в.д.					
9	II	10Л	45	1,329	15,0	15,2	200	97,3	12,4	9,09	1,79	-	-	4,01	0,49	1,85	1,79	-	-
10	III	8Л1Е1Б	260	0,944	31,3	23,7	446	207,9	39,8	14,1	2,82	-	-	1,13	0,26	0,54	2,82	-	-
11	II	5Л4К1Е	350	0,484	24,0	31,5	218	106,2	15,5	9,55	1,29	-	-	1,33	0,27	0,97	1,29	-	-

№ п/п	Класс бони- тета	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								<i>Pst</i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>Pbr</i>	<i>Pf</i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>Pu</i>	<i>Zst</i>	<i>Z<sub>bark</sub></i>	<i>Zbr</i>	<i>Zf</i>	<i>Z<sub>root</sub></i>	<i>Zu</i>
Лесотундра, плакоры																			
Усолецев и др., 1999а; Усолецев и др., 2004г; Ямало - Ненецкий автономный округ, р. Нгарка - Хатыдояха, Уренгой															67°00' с.ш. 78°00' в.д.				
12	V	10Л	45	1,74	6,6	7,6	24,2	11,5	1,93	2,56	0,74	-	-	0,68	0,15	0,19	0,74	-	-
13	Va	8Л2Б	102	0,55	10,9	9,3	25,3	11,1	3,08	1,33	0,33	-	-	0,22	0,09	0,39	0,33	-	-
14	Va	5Л3К2Е	100	0,677	11,9	9,5	38	16,6	4,84	2,82	1,06	-	-	0,11	0,04	0,23	1,06	-	-
<i>Larix gmelinii</i>																			
Средне-Сибирская плоскогорная область																			
Лесотундра																			
Деева, 1985, 1987.					Красноярский край: низовья р. Хантайка.					68° с.ш., 92° в.д.									
15	V	10Л	155	0,485	19,5	15,3	104	51,2	-	3,06	1,23	20,0	20,4	1,47	-	0,09	1,23	0,58	2,74
16	Vb	7Л3Б	155	0,275	8,0	7,0	5,6	3,03	-	0,41	0,1	3,9	11,2	0,12	-	0,02	0,10	0,16	0,95
Плешиков и др., 2002.					Красноярский край: низовья р. Хантайка.					68° с.ш., 92° в.д.									
17	Va	6Л4Е	300	0,434	23,0	14,0	55,3	24,9	3,8	3,5	1,4	20,0	11,7	0,14	0,02	0,05	0,49	0,9	1,6
18	V	4Л5Е1Б	300	1,137	18,8	12,3	90,4	44,7	7,7	6,6	3,2	35,8	9,3	0,25	0,04	0,11	0,98	0,7	1,3
19	Va	4Л6Е	300	0,667	13,8	9,7	34,2	14,7	3,2	1,8	1,1	11,8	11,8	0,06	0,01	0,02	0,23	0,5	1,7
Северная тайга																			
Плешиков и др., 2002.					Красноярский край: низовья р. Нижняя Тунгуска.					65°30' с.ш., 90° в.д.									
20	V	8Л2К	380	0,401	21,7	14,7	69,3	33,2	3,9	5,2	1,2	26,6	28,4	0,26	0,02	0,11	0,63	2,0	3,5
21	V	6Л2К2Б	110	1,473	12,7	12,3	118	58,5	8,1	10,9	2,9	46,9	16,1	0,66	0,07	0,39	2,05	2,8	1,6
22	Va	8Л1К1Б	110	0,749	10,6	9,1	30,6	15,0	3,0	2,7	0,7	12	23,3	0,17	0,03	0,08	0,54	1,3	2,4
23	Va	7Л3К	380	0,322	20,4	12,8	60,2	27,9	3,8	4,9	1,8	22,4	28,7	0,13	0,01	0,12	0,91	0,7	2,9
Средняя тайга																			
Kajimoto et al., 1997; Kajimoto et al., 1999.					Эвенкия: Тура					160 м н.у.м. 64°19' с.ш., 100°13' в.д.									
24	-	10Л	10	395,50	-	-	4,9	2,42	-	0,3	0,63	0,70	-	0,46	-	0,05	0,63	-	-
25	-	10Л	14	148,20	-	-	17,0	8,36	-	0,8	1,17	1,68	-	0,79	-	0,10	1,17	-	-
26	-	10Л	26	13,70	-	-	36,0	17,62	-	4,22	2,18	6,21	-	1,78	-	0,27	2,18	-	-

№ п/п	Класс бони- тета	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								<i>Pst</i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>Pbr</i>	<i>Pf</i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>Pu</i>	<i>Zst</i>	<i>Z<sub>bark</sub></i>	<i>Zbr</i>	<i>Zf</i>	<i>Z<sub>root</sub></i>	<i>Zu</i>
27	-	10Л	105	5,48	-	-	20,0	9,78	-	1,16	0,44	5,14	-	0,15	-	0,02	0,44	1,50	-
28	-	10Л	105	5,39	-	-	42,0	20,8	-	1,73	0,52	8,32	-	0,31	-	0,03	0,52	0,80	-
29	-	10Л	174	1,62	-	-	51,0	25,0	-	2,11	0,63	9,84	-	0,35	-	0,03	0,63	-	-
Восточно-Сибирская горно-равнинная область																			
Средняя тайга																			
Kanazawa et al., 1994. Якутия: Якутск, Спасская Падь 220 м над ур. моря 63° с.ш., 129° в.д.																			
30	V	10Л	169	0,900	19,3	16,9	213	114,9	-	6,43	1,68	108,6	13,7	0,67	-	0,16	1,68	0,23	0,44
<i>Larix sibirica</i>																			
Алтае - Саянская горная провинция																			
Лесостепь																			
Ведрова и др., 2000; Красноярский край, р. Кемчуг 56°13' с.ш. 92°19' в.д.																			
31	II	10Л	25	4,340	7,5	8,9	123	57,9	8,1	6,5	2,2	16,6	-	3,54	0,7	0,91	2,15	2,17	-
КАЗАХСТАН																			
Усольцев и др., 2013; Тургайский прогиб 100 - 200 м над ур. моря 52°20' с.ш. 64°00' в.д.																			
32	Ia	10Л	41	1,516	19,6	17,3	498	209,91	28,8	17,6	4,28	-	-	2,38	0,35	1,904	4,28	-	-
33	Ia	10Л	41	0,811	21,4	15,5	275	109,18	18,5	15,11	3,39	-	-	1,57	0,227	1,004	3,39	-	-
34	Ia	10Л	40	1,600	19,2	15,6	410	168,63	26,86	15,19	6,42	-	-	1,85	0,305	1,215	6,42	-	-
35	I	10Л	40	1,633	18,1	14,4	326	135,49	22,56	21,53	7,67	-	-	1,83	0,291	1,45	8,08	-	-
36	I	10Л	40	1,825	16,5	15,4	398	167,33	24,25	15,4	3,53	-	-	1,99	0,289	1,701	3,53	-	-
37	I	10Л	40	1,200	18,9	14,9	297	116,71	20,59	14,33	4	-	-	1,66	0,248	1,013	4	-	-
38	I,5	10Л	40	2,350	16,8	14,9	391	180,14	29,9	15,63	6,57	-	-	2,03	0,348	1,335	6,57	-	-
39	I,5	10Л	40	1,750	17,9	14,4	343	142,59	23,8	22,25	7,9	-	-	1,92	0,306	1,51	8,36	-	-
40	II	10Л	40	1,950	18,4	16,8	468	228,89	32,49	22,2	6,26	-	-	2,68	0,39	1,583	6,26	-	-
41	II	10Л	40	1,475	18,7	15,6	365	143,44	25,2	17,66	4,94	-	-	2,05	0,304	1,25	4,94	-	-
<i>Larix sibirica</i>																			
КИТАЙ																			
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 1650 м над ур. моря 47°48' с.ш. 88°06' в.д.																			

№ п/п	Класс бонитета	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га						
								<i>Pst</i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>Pbr</i>	<i>Pf</i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>Pu</i>	<i>Zst</i>	<i>Z<sub>bark</sub></i>	<i>Zbr</i>	<i>Zf</i>	<i>Z<sub>root</sub></i>	<i>Zu</i>	
42	-	10Л	30	9,380	-	-	64,4	26,09	-	3,42	1,91	20,5	1,45	2,85	-	0,37	1,91	2,38	0,56	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 2100 м над ур. моря 43°48' с.ш. 93°00'в.д.																				
43	-	10Л	132	1,116	-	-	214	91,58	-	12,2	4,64	42,2	4,19	0,42	-	0,06	4,58	0,19	1,61	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 1900 м над ур. моря 48°06' с.ш. 88°24'в.д.																				
44	-	10Л	71	2,178	-	-	357	145	-	19,3	9,13	63,9	6,6	2,44	-	0,32	6,87	1,1	2,53	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 1883 м над ур. моря 48°00' с.ш. 86°54'в.д.																				
45	-	10Л	172	1,028	-	-	378	171,8	-	23,1	7,95	66,6	7,49	1,27	-	0,17	7,45	0,6	2,87	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 1700 м над ур. моря 47°42' с.ш. 86°54'в.д.																				
46	-	10Л	177	1,117	-	-	522,5	238,3	-	33,7	10,1	87,2	10,3	1,23	-	0,17	9,68	0,56	3,93	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 1946 м над ур. моря 47°48' с.ш. 88°42'в.д.																				
47	-	10Л	107	1,775	-	-	284,6	120,5	-	16,4	6,82	50,4	5,39	1,29	-	0,17	5,41	0,62	2,06	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 1871 м над ур. моря 47°00' с.ш. 89°24'в.д.																				
48	-	10Л	157	1,054	-	-	563,3	249,8	-	33,3	11,3	92,0	10,7	0,94	-	0,13	10,4	0,36	4,11	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 1984 м над ур. моря 47°06' с.ш. 89°18'в.д.																				
49	-	10Л	156	3,163	-	-	390,7	172	-	22,9	8,34	65,8	7,48	0,94	-	0,12	7,31	0,47	2,87	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Синьцзян-Уйгурский район 2298 м над ур. моря 42°48' с.ш. 93°06'в.д.																				
50	-	10Л	139	1,263	-	-	482,7	196,5	-	26,4	10,7	72,7	8,52	1,01	-	0,14	8,08	0,39	3,27	
Ni, 2004; Китайский Алтай, Синьцзян-Уйгурский район 1855 м над ур. моря 47°50' с.ш. 87°50'в.д.																				
51	-	5Л5К	156	-	-	-	-	186,3	-	25,4	8,3	71,5	-	1,2	-	0,17	8,0	0,64	-	
52	-	5Л5К	121	-	-	-	-	206,9	-	36,4	20,6	69,9	-	2,8	-	0,5	4,9	0,9	-	
<i>Larix gmelinii</i>																				
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия 700 м над ур. моря 50°20' с.ш. 123°00'в.д.																				
53	-	10Л	55	1,34	-	-	150,0	63,5	-	7,6	3,03	23,8	2,72	3,45	-	0,41	3,03	1,29	1,04	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия 800 м над ур. моря 52°12' с.ш. 120°48'в.д.																				
54	-	10Л	171	0,624	-	-	212,0	96,8	-	13,7	3,26	24,4	3,84	1,21	-	0,17	3,26	0,31	1,47	
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия 800 м над ур. моря 50°24' с.ш. 121°42'в.д.																				

№ п/п	Класс бонитета	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								<i>Pst</i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>Pbr</i>	<i>Pf</i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>Pu</i>	<i>Zst</i>	<i>Z<sub>bark</sub></i>	<i>Zbr</i>	<i>Zf</i>	<i>Z<sub>root</sub></i>	<i>Zu</i>
55	-	10Л	59	2,946	-	-	120,0	50,7	-	5,96	2,33	15,0	2,06	3,09	-	0,35	2,33	0,91	0,79
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								781 м над ур. моря 50°48' с.ш. 121°30'в.д.											
56	-	10Л	136	0,748	-	-	226,5	105,2	-	13,9	4,69	42,9	4,63	2,06	-	0,28	4,69	0,85	1,78
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								637 м над ур. моря 50°24' с.ш. 124°00'в.д.											
57	-	10Л	136	0,565	-	-	216,3	79,2	-	11,2	3,66	32,5	3,52	1,44	-	0,21	3,66	0,6	1,35
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								820 м над ур. моря 48°24' с.ш. 121°24'в.д.											
58	-	10Л	37	7,289	-	-	143,7	59,1	-	7,84	3,87	39,7	3,07	3,61	-	0,48	3,87	2,46	1,18
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								1280 м над ур. моря 47°06' с.ш. 119°54'в.д.											
59	-	10Л	39	1,153	-	-	85,96	38,2	-	5,1	2,06	19,7	1,81	2,69	-	0,36	2,06	1,43	0,7
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								812 м над ур. моря 50°54' с.ш. 121°00'в.д.											
60	-	10Л	39	4,367	-	-	135,3	57,6	-	7,67	3,44	34,1	2,86	3,48	-	0,46	3,44	2,08	1,09
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								676 м над ур. моря 50°30' с.ш. 123°12'в.д.											
61	-	10Л	36	6,568	-	-	81,78	35,0	-	4,62	2,34	24,3	1,85	2,37	-	0,31	2,34	1,71	0,71
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								774 м над ур. моря 51°18' с.ш. 121°30'в.д.											
62	-	10Л	43	2,535	-	-	90,35	38,8	-	5,04	2,94	32,1	2,2	2,20	-	0,29	2,94	1,8	0,85
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								810 м над ур. моря 50°36' с.ш. 122°24'в.д.											
63	-	10Л	47	2,294	-	-	130,4	54,5	-	7,27	3,11	30,2	2,64	2,73	-	0,37	3,11	1,54	1,01
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								887 м над ур. моря 50°00' с.ш. 121°36'в.д.											
64	-	10Л	50	3,679	-	-	152	64,7	-	8,63	3,84	37,9	3,20	2,9	-	0,39	3,84	1,72	1,23
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								660 м над ур. моря 52°00' с.ш. 122°12'в.д.											
65	-	10Л	59	15,576	-	-	153,5	63,8	-	8,43	4,3	44,7	3,38	2,49	-	0,33	4,3	1,77	1,3
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								660 м над ур. моря 52°18' с.ш. 122°12'в.д.											
66	-	10Л	35	11,645	-	-	67,6	30,1	-	3,92	2,25	24,4	1,68	1,94	-	0,25	2,25	1,57	0,64
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								737 м над ур. моря 51°18' с.ш. 120°48'в.д.											
67	-	10Л	31	15,782	-	-	110,6	48,1	-	6,32	3,38	35,9	2,61	3,52	-	0,46	3,38	2,63	1,0
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Внутренняя Монголия								846 м над ур. моря 49°30' с.ш. 121°18'в.д.											

№ п/п	Класс бонитета	Состав	А, лет	N, тыс. экз/га	D, см	H, м	M, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса, т/га						Годичная продукция, т/га					
								<i>Pst</i>	<i>P<sub>bark</sub></i>	<i>Pbr</i>	<i>Pf</i>	<i>P<sub>root</sub></i>	<i>Pu</i>	<i>Zst</i>	<i>Z<sub>bark</sub></i>	<i>Zbr</i>	<i>Zf</i>	<i>Z<sub>root</sub></i>	<i>Zu</i>
68	-	10Л	53	4,04	-	-	149	63,5	-	8,46	3,77	37,3	3,14	2,78	-	0,37	3,77	1,64	1,2
Feng, Yang, 1985, 1995; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 47°00' с.ш. 123°00' в.д.																			
69	III	10Л	186	0,792	24,6	24,3	450	177,4	33,4	10,9	1,96	84,1	10,9	2,57	0,47	0,15	1,96	2,15	0,57
70	V	10Л	175	0,811	17,3	17,4	164	76,3	19,0	6,96	1,46	81,4	30,0	2,27	0,56	0,21	1,46	4,04	1,88
71	Vb	10Л	107	2,934	8,0	8,1	75,1	39,4	6,6	3,02	0,53	23,1	49,1	0,68	0,11	0,05	0,53	0,54	6,52
Liu et al., 1994; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 50°00' с.ш. 124°00' в.д.																			
72	-	10Л	34	-	-	-	82	35,1	5,94	4,38	2,35	-	-	2,64	0,38	0,3	2,35	-	-
73	-	10Л	55	-	-	12,0	109	46,6	7,8	5,91	3,09	-	-	1,73	0,25	0,2	3,09	-	-
Liu et al., 1994; Внутренняя Монголия, хр. Большой Хинган 47°00' с.ш. 122°00' в.д.																			
74	-	10Л	29	-	-	14,0	111	47,7	7,94	6,39	2,6	-	-	4,18	0,61	0,51	2,6	-	-
75	-	10Л	54	-	-	-	144	61,6	9,42	7,85	2,9	-	-	2,99	0,40	0,37	2,9	-	-
76	-	10Л	108	0,330	-	-	190	93,9	-	16,7	4,6	24,1	3,88	2,27	-	0,41	3,32	0,6	1,49
77	-	10Л	29	-	-	16,0	-	72,6	9,00	8,95	3,79	-	-	5,44	0,58	0,63	3,79	-	-
Liu et al., 1990; Северо-Восточный Китай, провинция Хэйлунцзян 350 м над ур. моря 45°27' с.ш. 127°57' в.д.																			
78	Ib	10Л	21	1,450	13,4	13,5	139	97,7	12,5	11,0	3,32	31,2	1,89	6,22	0,08	1,01	3,32	1,92	0,08
Wang et al., 2001; Китай, хр. Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян: Тахэ 520 м над ур. моря 52°44' с.ш. 123°50' в.д.																			
79	Va	10Л	90	0,293	8,3	10,0	6,1	3,2	-	0,40	0,22	7,67	11,7	0,03	-	0,01	0,22	0,04	-
80	IV	10Л	90	0,386	17,9	19,0	68	31,8	-	4,20	0,11	8,37	39,7	0,55	-	0,07	0,11	0,50	-
81	III	10Л	110	0,702	14,6	21,0	110	43,2	-	5,80	1,33	13,3	2,30	0,40	-	0,06	1,33	0,50	-
82	III	10Л	90	0,489	18,4	21,0	118	46,6	-	6,20	1,33	11,2	11,3	0,95	-	0,13	1,33	0,80	-
83	III	8Л1Б1Ос	110	0,920	13,9	24,0	128	50,4	-	7,60	1,55	19,4	38,8	0,82	-	0,12	1,98	1,00	-
84	III	10Л	90	0,486	18,0	20,0	113	44,4	-	6,00	1,33	11,9	5,20	0,77	-	0,11	1,15	0,66	-
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 590 м над ур. моря 51°24' с.ш. 125°12' в.д.																			
85	-	10Л	104	0,600	-	-	277	121,4	-	16,3	5,41	47,9	5,31	2,75	-	0,37	5,41	1,09	2,04
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 876 м над ур. моря 52°36' с.ш. 124°12' в.д.																			
86	-	10Л	53	2,422	-	-	143	70,6	-	11,8	5,20	34,2	3,38	3,22	-	0,54	5,20	1,53	1,3

Luo, 1996; Ni et al., 2001; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 520 м над ур. моря 52°44' с.ш. 123°50'в.д.																			
87	-	10Л	114	0,394	-	-	376	159,2	-	21,3	6,91	53,3	6,69	3,38	-	0,45	6,23	1,12	2,57
88	-	10Л	111	0,291	-	-	129	57,9	-	7,40	2,71	18,8	2,42	1,13	-	0,15	2,16	0,37	0,93
89	-	10Л	75	1,140	-	-	137	56,8	-	8,40	2,93	25,6	2,60	2,06	-	0,32	2,90	1,03	1,00
90	-	10Л	108	0,330	-	-	190	93,9	-	16,7	4,60	24,1	3,88	2,27	-	0,41	3,32	0,60	1,49
91	-	10Л	158	0,544	-	-	400	162,7	-	22,2	7,82	52,4	6,81	2,61	-	0,37	6,14	0,82	2,61
92	-	10Л	85	0,675	-	-	209	83,7	-	11,9	3,98	34,6	3,73	2,41	-	0,35	3,98	1,01	1,43
Ding et al., 1990; Провинция Хэйлунцзян: Маоершан 320 м над ур. моря 45°23' с.ш. 127°32'в.д.																			
93	Ib	10Л	24	1,158	17,1	16,4	174	111,7	9,14	18,2	4,66	36,6	8,42	4,66	-	0,759	4,66	1,42	5,46
94	Ib	10Л	24	1,300	15,8	15,2	169	108,4	8,87	17,5	3,63	35,2	5,53	4,52	-	0,725	3,63	1,38	3,38
95	Ib	10Л	24	1,358	14,8	14,6	153	89,6	7,33	12,9	3,12	27,7	0,95	3,73	-	0,535	3,12	1,14	0,69
96	Ib	10Л	24	1,475	13,1	14,1	119	93,8	7,67	8,66	2,76	29,1	0,11	3,91	-	0,361	2,76	1,20	0,083
Cheng, Li, 1989; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 800 м над ур. моря 50°40' с.ш. 121°50'в.д.																			
97	IV	10Л	26	9,300	4,74	5,9	86,2	15,01	3,84	3,15	1,87	7,67	11,7	1,63	-	0,37	1,23	1,12	0,83
98	I	10Л	26	1,328	10,3	9,9	65,3	26,58	5,06	2,82	2,15	8,37	39,7	2,65	-	0,2	1,61	0,85	2,3
99	I	10Л	26	2,083	10,2	11,2	99,5	59,19	9,31	4,55	4,13	13,3	2,3	4,29	-	0,16	1,96	0,3	0,14
100	IV	10Л	55	2,5	8,7	9,6	79,9	35,07	4,78	4,52	2,48	11,2	11,3	1,25	-	0,45	1,98	0,74	0,75
101	I	10Л	55	0,545	20,4	18,6	140	63,83	8,87	6,31	2,2	19,4	38,8	1,91	-	0,23	2,14	1,65	2,18
102	I	10Л	56	0,975	18,8	20,8	152	95	13,0	12,3	8,35	41,9	5,2	4,74	-	0,21	5,08	0,33	0,14
103	V	10Л	75	3,7	7,2	8,9	89,2	40,16	5,74	4,69	2,96	13,8	13,5	0,99	-	0,47	2,36	0,88	0,79
104	IV	10Л	94	0,522	16,9	14,9	89,2	52,11	5,79	5,05	1,41	9,7	52,8	0,75	-	0,24	1,95	1,37	2,76
105	II	10Л	105	0,739	22,4	21,3	248	110,8	10,7	15,5	7,7	37,1	8	2,85	-	0,4	4,88	0,36	0,28
106	V	10Л	120	1,368	12,9	12,7	94,2	59,45	8,71	3,03	1,29	20,2	20,2	0,46	-	0,23	1,44	0,45	1,02
107	III	10Л	140	0,35	24,6	21,2	141	70,3	8,59	17,4	1,87	11,6	66,8	1,04	-	0,5	3,65	1,69	2,61
108	III	10Л	131	0,433	28,6	24,2	285	136,2	11,5	10,9	4,67	34,2	17,2	1,76	-	0,46	2,68	0,27	0,43
109	V	10Л	161	1,035	15,7	15,3	116	89,16	10,1	3,72	1,18	24,4	20,7	0,45	-	0,26	1,32	0,67	0,51
110	III	10Л	180	0,213	32,5	24,7	164	104,5	7,67	23,8	4,76	24,3	32,9	1,43	-	0,79	5,19	0,35	0,79
Xu et al., 1988; Большой Хинган, провинция Хэйлунцзян 650 м над ур. моря 52°30' с.ш. 124°30'в.д.																			
111	III	10Л	100	0,400	20,0	21,0	103,6	42,7	-	4,94	2,27	4,68	1,52	0,79	-	0,058	2,27	0,065	0,59

Han, 1994; Провинция Хэйлунцзян: Харбин 45°00' с.ш. 127°00' в.д.																			
112	III	4Л6Б	45	0,690	16,2	17,2	58	40,7	5,95	5,33	1,36	10,8	3,07	3,06	0,104	1,04	1,41	1,20	0,84
Li et al., 1981; Провинция Гирич 900 м над ур. моря 42°45' с.ш. 128°16' в.д.																			
113	II	10Л	160	0,360	37,6	30	439	206,7	-	14,2	5,06	23,2	1,91	2,05	-	0,52	5,06	0,88	2,62
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Гирич 880 м над ур. моря 42°24' с.ш. 128°06' в.д.																			
114	-	10Л	177	0,367	-	-	424	191,7	-	17,17	10,6	21,0	6,69	2,7	-	0,26	10,6	0,33	2,57
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Гирич 1075 м над ур. моря 42°12' с.ш. 127°18' в.д.																			
115	-	10Л	195	0,219	-	-	418	192,9	-	16,9	10,6	19,6	6,67	2,4	-	0,21	10,6	0,24	2,56
<i>Larix Principis-Rupprechtii</i>																			
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси 2212 м над ур. моря 37°52' с.ш. 111°34' в.д.																			
116	-	10Л	48	0,652	-	-	131	60,54	-	6,04	1,95	9,64	2,17	4,57	-	0,45	1,95	0,73	0,83
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси i 2123 м над ур. моря 38°40' с.ш. 111°53' в.д.																			
117	-	10Л	54	0,709	-	-	134	60,92	-	6,05	1,94	9,79	2,18	4,22	-	0,42	1,94	0,68	0,83
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси 2299 м над ур. моря 38°50' с.ш. 112°02' в.д.																			
118	-	10Л	43	1,098	-	-	122	53,77	-	5,29	1,67	8,8	1,93	4,15	-	0,41	1,67	0,68	0,74
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси 2278 м над ур. моря 38°57' с.ш. 112°07' в.д.																			
119	-	10Л	46	0,588	-	-	156	72,19	-	7,22	2,34	11,4	2,59	5,66	-	0,57	2,34	0,9	1
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси 2367 м над ур. моря 39°10' с.ш. 113°38' в.д.																			
120	-	10Л	62	1,145	-	-	202	89,77	-	9,46	3,45	14,5	3,25	5,45	-	0,57	2,81	0,88	1,24
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси 2055 м над ур. моря 37°55' с.ш. 111°28' в.д.																			
121	-	10Л	53	1,607	-	-	234	131,8	-	14,78	3,99	24,0	4,85	8,38	-	0,93	3,99	1,53	1,86
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси 2300 м над ур. моря 39°00' с.ш. 112°12' в.д.																			
122	-	10Л	55	2,070	-	-	315	133,6	-	13,17	4,18	21,8	4,8	8,99	-	0,89	4,18	1,46	1,84
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Шаньси 1850 м над ур. моря 37°50' с.ш. 111°30' в.д.																			
123	-	10Л	31	2,166	-	-	253	117,5	-	12,53	4,25	21,2	4,32	7,91	-	0,93	4,25	1,44	1,65
Zhu et al., 1993; Провинция Сычуань 2810 м над ур. моря 37°10' с.ш. 100°39' в.д.																			
124	-	10Л	16	1,550	11,3	-	44,2	15,7	3,23	10	1,01	9,58	26,9	0,98	0,20	0,624	1,01	0,599	-
Luo, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Цинхай 3638 м над ур. моря 30°54' с.ш. 102°24' в.д.																			
125	-	10Л	193	0,375	-	-	285	94,75	-	12,99	3,95	34,1	4,06	1,51	-	0,22	3,95	0,60	1,56



Луо, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Цинхай 3600 м над ур. моря 30°54' с.ш. 102°18' в.д.																			
126	-	10Л	164	0,428	-	-	350	105,6	-	24,38	4,68	24,7	4,43	1,86	-	0,44	4,05	0,47	1,70
Луо, 1996; Ni et al., 2001; Провинция Юньнань 4240 м над ур. моря 28°37' с.ш. 99°13' в.д.																			
127	-	10Л	100	0,428	-	-	237	97,11	-	12,9	4,27	37,7	4,23	2,17	-	0,29	4,27	0,84	1,62
<i>Larix leptolepis</i>																			
ЯПОНИЯ																			
Sato, 1974a; О. Хоккайдо, подножие г. Асибегу 300 м над ур. моря 43°13' с.ш. 142°23' в.д.																			
128	Ia	10Л	21	1,240	15,1	15,3	169	67,5	-	12,1	4,50	20,5	2,00	6,70	-	3,20	4,5	2,1	0,30
Sato, 1970; О. Хонсю; влк. Ивате, Мориока 360 м над ур. моря 39°45' с.ш. 141°08' в.д.																			
129	Ia	10Л	39	1,155	19,9	19,4	355	145,4	-	15,5	3,59	35,6	7,3	5,8	-	3,26	3,59	2,14	0,88
Natiya et al., 1966; О. Хонсю 39°45' с.ш. 141°08' в.д.																			
130	Ib	10Л	13	6,738	7,1	8,4	125	51,7	-	12,4	5,30	19,8	-	8,00	-	4,60	5,30	3,10	-

Примечание: В массу стволов ( $P_{st}$ ) входит масса коры стволов ( $P_{bark}$ ) и в годичную продукцию стволов ( $Z_{st}$ ) входит годичная продукция коры стволов ( $Z_{bark}$ ).