

На правах рукописи

Гаврилин Дмитрий Сергеевич

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

06.03.02 - лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2016

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Усольцев Владимир Андреевич;

Официальные оппоненты: Данилин Игорь Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБУ науки «Институт леса им. В.Н. Сукачёва» Сибирского отделения РАН, лаборатория таксации и лесопользования, ведущий научный сотрудник;
Бергман Игорь Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБУ науки «Институт экологии растений и животных» Уральского отделения РАН, лаборатория экотоксикологии популяций и сообществ, научный сотрудник.

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа.

Защита состоится 9 июня 2016 г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (www.usfeu.ru).

Автореферат разослан _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного
совета, канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова Альфия Гаптрауфовна

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Лесная таксация, по определению классика российского лесоводства Н.В. Третьякова (1952), - наука о лесе как объекте измерения,- изначально и традиционно была ориентирована только на «стереометрическую» оценку объема ствола дерева как источника древесного сырья. Необходимость перехода от объемных методов учета древесины к весовым начала осознаваться в XIX столетии (Flury, 1892; Hartig, 1896). Исследования биологической продуктивности лесных насаждений исторически сложились так, что в первую очередь изучалась их фитомасса, выраженная в тоннах абсолютно сухого вещества на 1 га. В нашей стране основная цель таких исследований имела как ресурсоведческий (Ефимович, Никитин, 1934; Иевинь, Дикельсон, 1962), так и биогеоценотический (Ремезов, Быкова, 1953) аспекты. В первом случае ставилась задача комплексного использования лесных ресурсов, а во втором - исследовался круговорот веществ и энергии в лесных экосистемах.

В 1960-е гг. в ходе реализации Международной биологической программой было заложено большое количество пробных площадей с определениями на них не только фитомассы, но и чистой первичной продукции (ЧПП) - количества 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, начали уделять внимание лишь в последние годы (Гульбе и др., 2010).

Ввиду необходимости решения таких проблем, как глобальные изменения, устойчивое развитие и сохранение биоразнообразия, исследования фитомассы, ЧПП и УдЧПП лесных экосистем в географическом аспекте являются сегодня наиболее приоритетными (Jiang et al., 1999). Поскольку определение биологической продуктивности насаждений выполнялось обычно в типичных “фоновых” местообитаниях, репрезентативных по отношению к данному типу сообществ, то на их основе с использованием аппарата математического моделирования можно выполнить анализ географических закономерностей биологической продуктивности лесных насаждений и выявить ее трансконтинентальные градиенты.

Характер растительности и продуктивность растительного покрова складываются под влиянием многих факторов, из которых главнейшим и всеобщим является климатический. Основные изменения климата и растительности происходят в результате изменения интенсивности солнечной радиации и континентальности климата (Герасимов, 1945; Григорьев, Бурдыко, 1956; Курнаев, 1973; Назимова, 1995; Усольцев, 1998; D’Aprile et al., 2015).

Настоящее исследование посвящено анализу структуры и трансконтинентальных градиентов биологической продуктивности лиственничных 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 лиственничных 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 (т/га) и фитомассы составляющих их деревьев (кг) в пределах евразийского ареала.

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 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. Сформирована база экспериментальных данных о фитомассе и годичной ЧПП лиственничных насаждений (т/га) и на её основе впервые исследованы географические закономерности изменения фракционной структуры их фитомассы, ЧПП и УдЧПП на территории всей 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 лесоустроительные. Методы закладки». Для определения фитомассы и ЧПП деревьев и древостоев взяты модельные деревья. У лиственницы хвоей покрыты не только все ветви, но и ствол, однако плотность охвоения различная: наиболее охвоена периферийная часть кроны (крона 1), значительно слабее – приствольные части ветвей (крона 2) и наименьшая плотность охвоения – на стволе. После обрубki крона делилась на две части (крона 1 и крона 2), которые взвешивались с точностью 50 г. От обеих частей брали навески (соответственно ≈ 700 и ≈ 200 г), у которых отделяли полностью хвою, взвешивали с точностью 0,5 г и по полученным соотношениям определяли массу хвои всей кроны. На стволах хвою отделяли с 1 погонного м, среднего по степени охвоения. Учет хвои только с наиболее охвоенных ветвей (хвойной лапки) у лиственницы приводит к занижению фактической ее массы примерно на 12 % (Гаврилин и др., 2013з).

От каждого дерева брали навески для определения содержания абсолютно сухого вещества в хвое (≈ 15 г) и ветвях с корой (≈ 30 г). Базисная плотность древесины и коры ствола определена по выпилам у 28 модельных деревьев (Гаврилин и др., 2015д). По 1-2 –метровым отрезкам определены объемы стволов в коре и без коры и по показателям базисной 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 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, предложен-

ным А.И. Русаленко и Е.Г. Петровым (1975): общую массу ветвей кроны делили на средний возраст их ветвей.

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 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 4 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

Описаны эколого-географические особенности распространения лиственницы (род *Larix* Mill.) в пределах Евразии и географические аспекты продуктивности лесных насаждений. В частности, анализируются публи-

кации, посвященные оценке фитомассы, ЧПП и УдЧПП пятихвойных кедров, елово-пихтарников и березняков в связи с природной зональностью и континентальностью климата (Норицина, 2009; Хабибуллина, 2013; Гаврилин и др., 2013*в,д,ж*; Усольцев, 2013, 2014). Обсуждены понятия биологических законов и закономерностей в терминах аллометрии, теории метаболического масштабирования (West et al., 1997; Enquist, Niklas, 2002) и теории адаптивного распределения масс (Poorter et al., 2012; Гаврилин и др., 2015*а*), а также методы многофакторной оценки фитомассы деревьев (Токмурзин, Байзаков, 1970; Семечкина, 1978; Сидаравичус, 1985; Усольцев, 1985, 2007; Wirth, 2004; Гаврилин и др., 2013*а,б*; Hou et al., 2015).

Глава 2. Общая характеристика района и объектов исследования

Исследование фитомассы и ЧПП культур лиственницы Сукачёва выполнено на территории Боровского лесхоза Костанайского управления лесного, рыбного и охотничьего хозяйства Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды республики Казахстан, расположенного на территории Мендыкаринского района Костанайской области (53⁰ с.ш., 64⁰ в.д.) в подзоне засушливой степи (Природное районирование..., 1960). В диссертации рассмотрены лесорастительные условия и растительный покров района исследований. Лиственница в виде культур занимает 2 % лесопокрытой площади лесхоза.

Полевые исследования проведены в чистых 40-41-летних культурах лиственницы Сукачёва, где заложены 10 пробных площадей и взято по ступеням толщины 28 модельных деревьев, с определением их фитомассы и ЧПП (Гаврилин и др., 2014*г*). Впервые сформирована база подеревных данных (кг) о фитомассе (ствол, ветви, хвоя, корни) лиственницы (род *Larix* Mill.) в количестве около 500 деревьев на территории от Средней Европы до Китая. Для анализа географии биологической продуктивности лиственницы Евразии на уровне насаждений (т/га) сформирована 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* на территории от Западной Европы до Китая. Сюда же вошли наши 10 пробных площадей.

Глава 3. Структура фитомассы деревьев в лиственничниках разных экорегионов: анализ закономерностей и составление таксационных таблиц

В соответствии с теорией адаптивного распределения масс (Poorter et al., 2015), согласно которой растения могут изменять соотношение между

массами различных органов в зависимости от их требований и внешних условий, выполнен анализ аллометрического соотношения между фитомассой хвои ($\ln Pf$) и ствола ($\ln Pst$) лиственницы (Гаврилин и др., 2015б), произрастающей на южном и северном пределах лесорастительных условий в трех экорегионах, закодированных блоковыми фиктивными переменными (Дрейпер, Смит, 1973): засушливой степи Тургайского прогиба, плакорных обитаниях на многолетней мерзлоте в низовьях р. Пур и в пойменных условиях там же (соответственно 28, 28 и 80, всего - 136 деревьев). Установлено, что названное соотношение в логарифмических координатах лучше описывается уравнением параболы, а не прямой (рис. 1). Кривизна линий регрессии на рис. 1 и в работе Х. Поортера с соавторами (Poorter et al., 2015) имеет противоположный характер, что, по сути, исключает какую-либо биологическую интерпретацию изменения регрессионного коэффициента (на рис. 1 показан цифрами). Аналогичный вывод получен и для связи относительного показателя фитомассы дерева с его надземной фитомассой. Таким образом, теория адаптивного распределения масс не имеет пока биологической трактовки, поскольку реализуется обычными стохастическими связями с соответствующим доверительным интервалом, в пределах которого каждое из искомым значений является истинным.

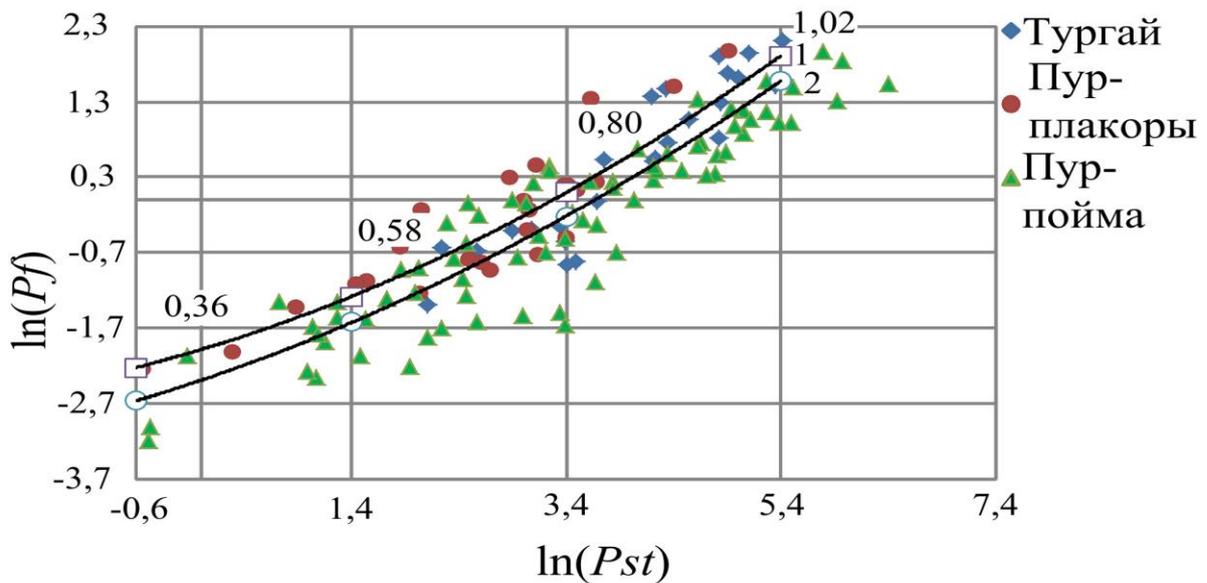


Рис.1. Результаты анализа трех массивов исходных данных фитомассы деревьев лиственницы: 1 – для Тургайского прогиба и плакоров лесотундры, 2 – для речных пойм лесотундры

Для составления региональных таблиц надземной фитомассы деревьев лиственницы (кг) рассчитаны регрессионные уравнения, включающие в качестве независимых переменных высоту и диаметр ствола, а также блоковые переменные, кодирующие принадлежность данных к трем выше упомянутым регионам ($R^2=0,86-0,99$). Варьирование лесорастительных условий в лиственничниках бореальной зоны обуславливает статистически

значимые различия только по массе хвои и ветвей, а масса стволов описывается одним общим уравнением.

По сравнению с культурами лиственницы в степной зоне 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 перераспределение 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. 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. Предложены региональные таблицы для оценки фитомассы, ЧПП и УдЧПП деревьев лиственницы в разных экорегионах.

На основе сформированной базы подеревных данных лиственницы в количестве 500 деревьев 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 показателям диаметра, высоты и объема ствола дерева, а также – густоты и возраста древостоев ($R^2 = 0,65-0,99$). 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 в зональном градиенте (от 1-го до 4-го пояса, соответственно от лесотундры до субтропиков) в направлении с севера на юг (рис. 2). 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 фитомассы лиственницы на 1 га на основе локальных данных инструментальной таксации древостоев.

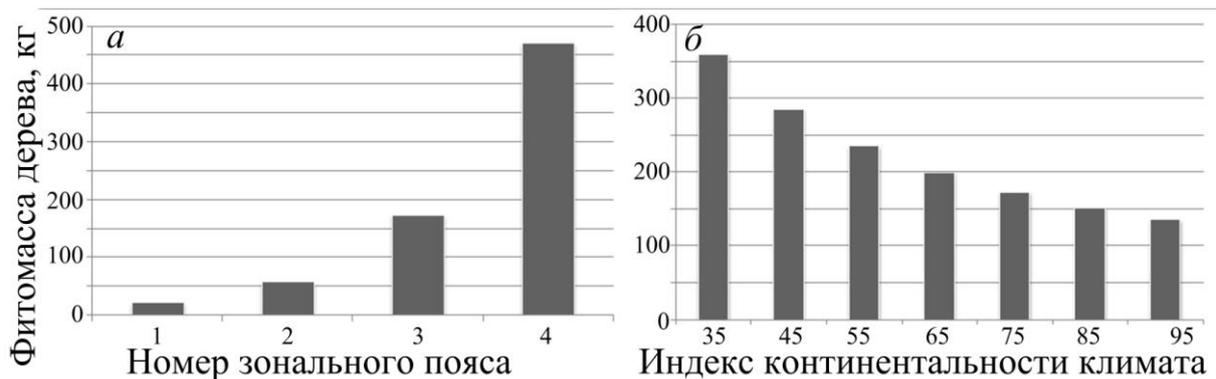


Рис. 2. Изменение расчетных показателей надземной фитомассы деревьев лиственницы в возрасте 100 лет по зональным поясам при индексе континентальности климата по Ценкеру, равном 75 % (а) и с индексом континентальности в южном умеренном климатическом поясе (б).

Глава 4. Фитомасса и годовичная ЧПП (т/га) лиственничных насаждений в связи с климатическим зонированием Евразии

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 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 хвои 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, хвои и ветвей составили 38, 40 и 22 %, а во втором – соответственно 30, 40 и 30 %; в культурах в степи соотношение фракций несколько иное: там имеет место повышенная доля хвои в надземной ЧПП (25:55:20 %) по сравнению с лесотундрой.

Для географического анализа биологической продуктивности лиственницы на уровне насаждений (т/га) привлечена структурированная по трансконтинентальным градиентам база данных в количестве 540 пробных площадей с определениями на них только фитомассы и 116 пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы разных видов рода *Larix* на территории от Западной Европы до Китая. Регрессионный анализ фитомассы и годовичной ЧПП (т/га) лиственничных насаждений Евразии на ос-

нове рекурсивной системы уравнений с включением в качестве независимых переменных возраста, густоты и запаса стволовой древесины, а также номера зонального пояса (от 1-го до 5-го, соответственно от лесотундры до субэкваториальной подзоны) и индекса континентальности климата по Ценкеру ($R^2 = 0,69-0,98$), показал, что изменение различных фракций как фитомассы, так и ЧПП, в зональном градиенте 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 (рис. 3). Аналогичное снижение ЧПП в том же направлении было установлено в елово-пихтарниках и березняках (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.

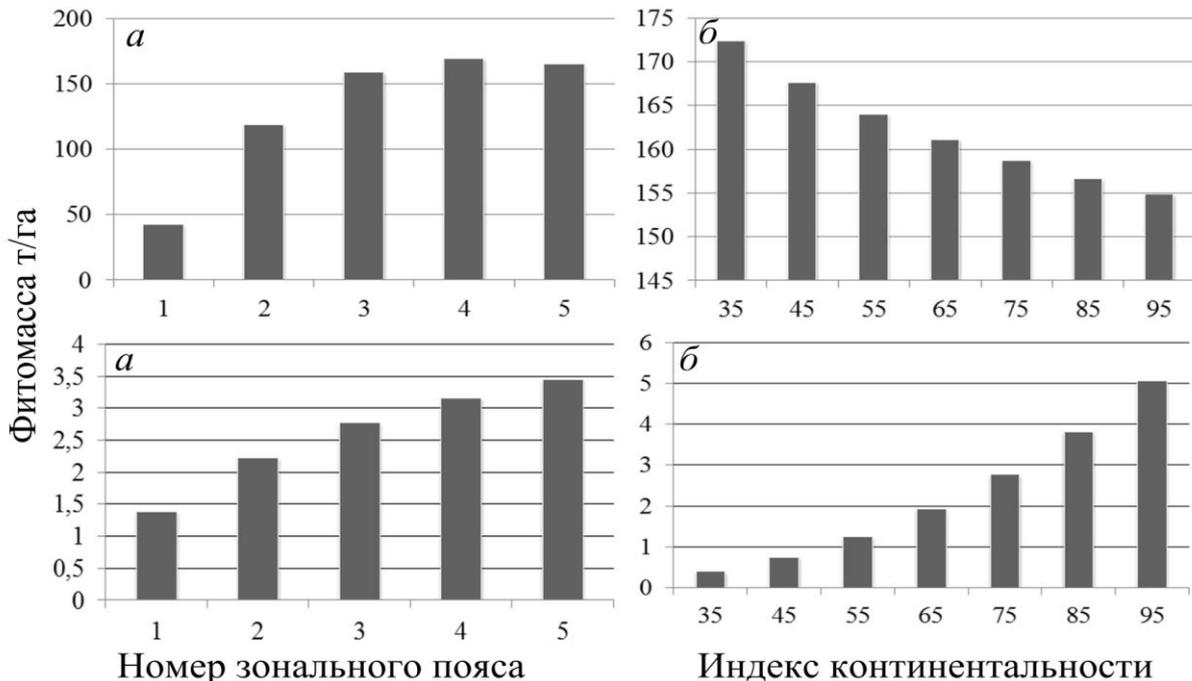


Рис. 3. Связь расчетных показателей фитомассы с зональной принадлежностью лиственничников в возрасте 100 лет при индексе континентальности климата, равном 75 % (а) и с индексом континентальности по В. Ценкеру в южном умеренном климатическом поясе (б). Вверху – для надземной фитомассы, внизу – для нижнего яруса.

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 (Гаврилин и др., 2014а, б,в; Gavrilin et al., 2014).

Глава 5. Удельная ЧПП (%) лиственных насаждений в связи с климатическим зонированием Евразии

Поскольку почти вся фактическая информация о фитомассе деревьев даётся без показателей ЧПП, мы ограничиваемся оценкой ЧПП и УдЧПП лишь культур лиственницы степной зоны (28 модельных деревьев) по таксационным параметрам дерева – диаметру ствола и высоте. R^2 для ЧПП составил по фракциям от 0,89 до 0,97; аналогичная связь для надземной УдЧПП объясняется названными таксационными показателями на 59 %. Установлено, что показатели ЧПП и УдЧПП по надземной фитомассе деревьев лиственницы в культурах с увеличением 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. Составлена таблица для оценки ЧПП и УдЧПП деревьев лиственницы в условиях засушливой степи.

Для построения графиков трансконтинентальных зависимостей УдЧПП (%) лиственничников от климатических факторов уравнения специально не рассчитывались, и численные закономерности получены путем деления расчетных значений ЧПП на соответствующие значения фитомассы. Закономерности изменения УдЧПП надземной и нижнего яруса по двум трансконтинентальным градиентам имеют идентичный характер (рис. 4).

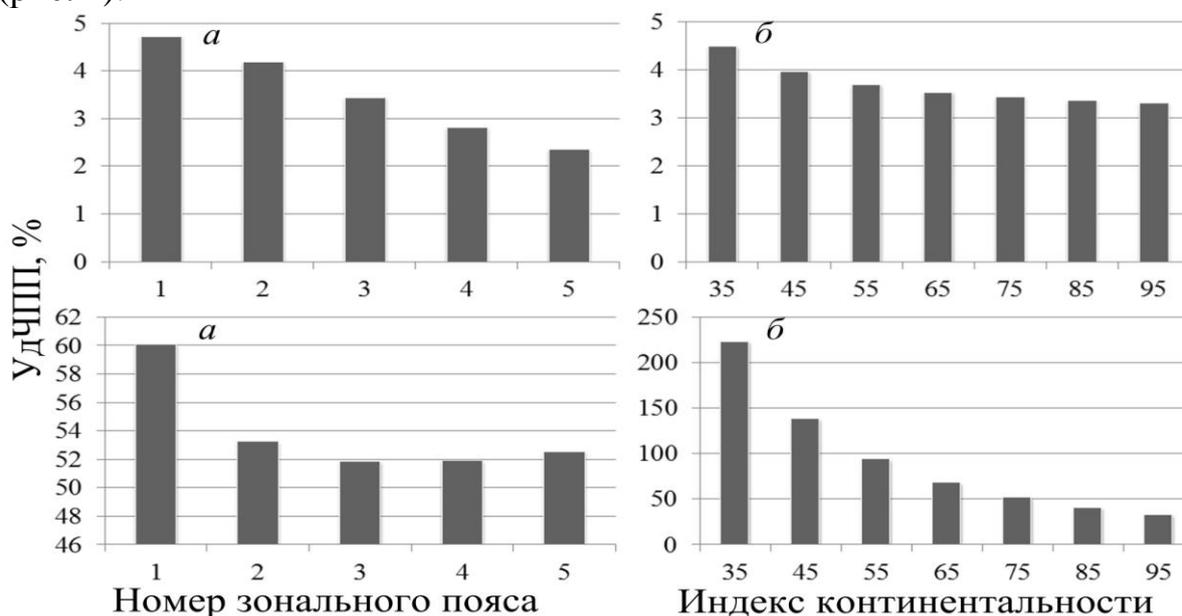


Рис. 4. Связь расчетных показателей УдЧПП фитомассы с зональной принадлежностью лиственничников в возрасте 100 лет при индексе континентальности климата, равном 75 % (а) и с индексом континентальности по Ценкеру в южном умеренном климатическом поясе (б). Вверху – для надземной фитомассы, внизу – для нижнего яруса.

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 фитомассы, снижается по мере продвижения к полюсу континентальности климата и в направлении от 1-го зонального пояса к 5-му. Однако для разных древесных пород нет унифицированных закономерностей, и при анализе географии их УдЧПП имеют место существенные неопределенности (Усольцев, 2014).

Глава 6. Таблицы хода роста по ЧПП и УдЧПП лиственничных насаждений Уральского региона

При составлении таблиц хода роста лиственничных насаждений Урала по ЧПП и УдЧПП за основу взяты существующие традиционные таблицы хода роста (ТХР) древостоев, дополненные показателями ЧПП и УдЧПП путем совмещения ТХР с регрессионными моделями названных показателей, полученными по исходному массиву данных пробных площадей. 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 ресурсоэкономическом и лесоэкономическом аспектах, а также при разработке системы глобальных экологических услуг.

Заключение

Фитомасса, ЧПП и УдЧПП являются важнейшими характеристиками функционирования лесных экосистем, которые ранее на уровнях деревьев и насаждений в лиственничных экосистемах в трансконтинентальных градиентах Евразии не изучались.

Впервые полученные нами данные о структуре фитомассы и ЧПП деревьев и насаждений лиственницы Сукачева в условиях засушливой степи сопоставлены с аналогичными материалами по лиственницам сибирской и Каяндера в условиях многолетней мерзлоты и проанализированы их различия.

На основе сформированных баз данных о фитомассе деревьев и насаждений рода *Larix* на территории от Западной Европы до Китая разработаны системы регрессионных моделей и выявлены закономерности изменения их фитомассы, ЧПП и УдЧПП по двум трансконтинентальным градиентам: природной зональности и континентальности климата.

Для практического использования составлены справочно-нормативные таблицы, которые являются основой определения фитомассы, ЧПП и УдЧПП в разных экорегионах на уровнях как деревьев, так и насаждений в целом.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Усольцев, В.А. Фитомасса деревьев лиственниц сибирской и Гмелина: сравнительный анализ / В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин, А.А. Маленко, М.М. Семьшев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. - № 12 (110). - С. 57-61.

2. Усольцев, В.А. Биологическая продуктивность лиственницы в разных регионах Евразии / В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин, А.А. Маленко, А.В. Борников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. - № 2 (112). - С. 70-74.

3. Усольцев, В.А. География чистой первичной продукции древостоев рода *Larix* в пределах Евразии / В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин, А.И. Колтунова, А.В. Борников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. - № 2(46). - С. 8-11 (AGRIS).

4. Усольцев, В.А. Структура фитомассы деревьев лиственницы (*Larix L.*) в трансконтинентальных градиентах Евразии / В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин, А.А. Маленко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. - № 9 (131).- С. 66-69.

В прочих журналах и тематических сборниках:

5. Усольцев, В.А. География фитомассы, чистой первичной и удельной чистой первичной продукции лиственничников в пределах Евразии / В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин, В.П. Часовских, А.В. Борников, Ю.В. Норичина // Сибирский лесной журнал. – 2014. - № 3. - С. 76-90 (AGRIS).

6. Усольцев, В.А. Аллометрические зависимости фитомассы деревьев лиственницы разных экорегионов / В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин // Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции (31 октября 2013 г.). - Ч. 3. - Тамбов: Изд-во ТРОО, 2013. - С. 152-153.

7. Усольцев, В.А. Экология и биологическая продуктивность лиственничных экосистем на северном и южном пределах ареала / В.А. Усольцев, М.М. Семьшев, А.В. Борников, Д.С. Гаврилин // Эко-Потенциал. – 2013. - № 3-4. - С. 116-126.

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

9. Гаврилин, Д.С. Фитомасса лиственниц сибирской и Гмелина в экстремальных условиях произрастания / Д.С. Гаврилин, В.А. Усольцев // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: Матер. X всерос. конф. студентов и аспирантов. - Ч. 2. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. - С. 297-301.

10. Usolcev, V.A. Climatic gradiente biologico produttività larice foreste Eurasia / V.A. Usolcev, **D.S. Gavrilin**, V.P. Chasovskih, Ju.V. Noricina // Italian Science Review. - 2014. – No. 4 (13). - P. 407-412 (итал.) Indexed in Google Scholar.

11. Усольцев, В.А. Географические градиенты чистой первичной продукции лиственных лесов Евразии / В.А. Усольцев, **Д.С. Гаврилин** // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Матер. Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН (Красноярск, 16-19 сентября 2014 г.). - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. - С. 40-43.

12. Усольцев, В.А. Моделирование распределения ассимилятов в фитомассе деревьев: законы или закономерности? / В.А. Усольцев, К.С. Субботин, **Д.С. Гаврилин**, Ю.В. Норицина // Эко-Потенциал. – 2015. - № 1(9). - С. 15-32.

13. Усольцев, В.А. О моделировании распределения ассимилятов в фитомассе деревьев / В.А. Усольцев, Г.Б. Кофман, К.С. Субботин, **Д.С. Гаврилин** // Перспективы развития науки и образования: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции (28 февраля 2015 г.). - Ч. 4. - Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. - С. 152-154.

14. Усольцев, В.А. Формирование подеревной базы данных о фитомассе лесов Евразии / В.А. Усольцев, К.С. Субботин, **Д.С. Гаврилин** // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции (30 декабря 2014 г.). - Ч. 1. - Тамбов: «Юком», 2015. - С. 149-151.

15. Усольцев, В.А. Формирование базы данных о подеревной фитомассе лесов Евразии / В.А. Усольцев, К.С. Субботин, **Д.С. Гаврилин** // Лесотехнические университеты в реализации концепции возрождения инженерного образования: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Матер. X Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015.- С. 316-319.

16. **Гаврилин, Д.С.** Квалиметрия фитомассы сосны обыкновенной и лиственницы сибирской / Д.С. Гаврилин, К.С. Субботин, В.А. Усольцев // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: Материалы XI Всерос. научно-технической конф. студентов и аспирантов, посвященной 85-летию УГЛТУ (21-22 апреля 2015.). - Ч. 2. – Екатеринбург, 2015. - С. 271-273.

17. Усольцев, В.А. Фитомасса деревьев лиственницы на северном и южном пределах и составление справочно-нормативных таблиц / В.А. Усольцев, **Д.С. Гаврилин**, К.С. Субботин // Эко-Потенциал.- 2015.- № 2(10).- С. 7-16.

18. Usoltsev, V.A. Foreste di produzione specifica primario larice dell'Eurasia: elementi di geografia / V.A. Usoltsev, V.P. Chasovskikh, **D.S. Gavrilin**, K.S. Subbotin // Italian Science Review. - 2015. - No. 6(27). - P. 33-37 (итал.).

19. Usoltsev, V.A. Transcontinental gradienti biomassa degli alberi nelle foreste di larici dell'Eurasia / V.A. Usoltsev, **D.S. Gavrilin**, V.P. Chasovskikh // Italian Science Review. - 2015. - No. 6 (27). - P. 38-42 (итал.).

Подписано в печать . Объем 1,0 авт. л. Заказ № _____. Тираж 100.
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. УГЛТУ. Отдел оперативной полиграфии.