

Жанабаева Асия Сиркбаевна

**Влияние выбросов Карабашского медеплавильного
комбината на биологическую продуктивность сосны
обыкновенной**

06.03.02 -
Лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2012

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

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

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Сродных Татьяна Борисовна;
кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
Терехов Геннадий Григорьевич

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет»

Защита состоится 16 марта 2012 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36, ауд. 320.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан 20 января 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Бачурина

ВВЕДЕНИЕ. Общая характеристика работы

Актуальность темы. В связи с возросшей глобальной ролью лесов в плане стабилизации климата оценка их биологической продуктивности и углерододепонирующей способности становится все более актуальной. Вследствие использования ископаемого топлива и недостаточной очистки отходов промышленного производства загрязнение лесных экосистем аэропромвыбросами становится лимитирующим фактором жизнедеятельности растительного покрова. Поскольку загрязнение окружающей среды достигло глобальных масштабов, это должно учитываться при оценке фитомассы и первичной продукции лесов.

На Урале одним из наиболее интенсивных источников токсичных выбросов (главным образом, это соединения серы и тяжелые металлы) в атмосферу является медеплавильное производство, в частности, Карабашский медеплавильный комбинат (КМК) в Челябинской области.

Исследования автора проводились в 2009-2012 гг. в рамках проектов «Разработка системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Уральского региона» и «Первичная биологическая продуктивность лесных экосистем в градиенте промышленного загрязнения», гранты РФФИ № 07-07-96010 и 09-05-00508.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационной работы - оценка фитомассы и чистой первичной продукции (ЧПП) сосны обыкновенной в градиенте загрязнений от КМК.

В связи с поставленной целью конкретные задачи исследования:

- заложить пробные площади в количестве, обеспечивающем их репрезентативность и достаточном для вычленения антропогенной обусловленности наблюдаемых изменений в градиенте загрязнений, и выполнить на них определения фитомассы и ЧПП насаждений;
- установить закономерности изменения продуктивности ассимиляционного аппарата деревьев сосны в градиенте загрязнений;
- установить закономерности изменения фитомассы и ЧПП сосняков в градиенте загрязнений;
- составить таблицы для определения количественных и квалитетических показателей фитомассы и ЧПП деревьев сосны обыкновенной в градиенте загрязнений от КМК.

На защиту выносятся следующие положения:

- характеристика биологической продуктивности сосны обыкновенной в градиенте загрязнений от КМК, выраженная в абсолютных и относительных количественных показателях;
- закономерности изменения плотности и содержания сухого вещества в фитомассе сосны в градиенте загрязнений;
- таблицы для определения количественных показателей фитомассы и ЧПП деревьев и насаждений сосны обыкновенной в градиенте загрязнений от КМК.

Научная новизна. Впервые дана характеристика продуктивности хвой сосны обыкновенной в градиенте загрязнений от КМК и построены зависимости биологической продуктивности сосняков от степени удаления от КМК; составлены таблицы для определения количественных и качественных показателей фитомассы и ЧПП деревьев сосны обыкновенной и дан их анализ в градиенте загрязнений от КМК.

Практическая значимость работы. Результаты работы могут быть полезны для эколого-экономической оценки воздействий на окружающую среду, оказываемых медеплавильным производством на Урале, а также при установлении предельно допустимых нагрузок на лесные экосистемы и используются Институтом экологии растений и животных УрО РАН, Институтом глобального климата и экологии Росгидромета и РАН и Уральским экологическим союзом (имеются соответствующие справки).

Обоснованность выводов и предложений. Обширный экспериментальный материал и применение адекватных методов статистического анализа, системный подход при анализе фактических материалов и интерпретации полученных результатов, реализация поставленных задач на уровне регрессионных моделей, использование современных компьютерных программ определяют обоснованность приведенных в диссертации выводов.

Личное участие автора. Постановка проблемы, сбор исходного материала, его анализ и обработка, формулировка итоговых результатов осуществлены автором или при его непосредственном участии.

Апробация работы. Основные результаты исследований изложены на международных научно-технических конференциях «Актуальные проблемы лесного комплекса» (Брянск, 2011); «Математическое моделирование в экологии» (Пушино, 2011); «Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири» (Томск, 2011); «Boreal Forests in a Changing World: Challenges and Needs for Actions. 15th IBFRA International Science Conference» (Krasnoyarsk, 2011); «Резервуары и потоки углерода в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны» (Сыктывкар, 2011); «Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы» (С-Петербург, 2011); VIII международной научно-технической конференции «Формирование регионального лесного кластера: социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса» (Екатеринбург, 2011); VII всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2011).

Публикации. Основное содержание диссертации изложено в 18 печатных работах, в том числе 3 - в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 118 страницах, состоит из введения, 7 глав и 5 приложений. Список использованной литературы включает 168 наименований, в том числе 39 иностранных. Текст иллюстрирован 40 таблицами и 23 рисунками.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Загрязнение атмосферного воздуха вблизи крупных промышленных центров в течение продолжительного периода времени создает стрессовые условия для роста лесных биогеоценозов. Снижается устойчивость хвойных лесов, уменьшается их доминирование и происходит постепенный переход лесных экосистем к преобладанию отдельных деревьев и кустарников или даже травяных ценозов (Шяпетене, 1987; Бергман, 2011).

Значительное загрязнение окружающей среды происходит за счет газообразных и пылевидных поллютантов. Наиболее мощными источниками аэротехногенного загрязнения являются предприятия черной и цветной металлургии, а также предприятия энергетики (Кулагин, 1974, 1980; Васильева и др., 2000; Проблемы экологии ..., 2005; Менщиков, Ившин, 2006; Павлов, 2006). На их долю приходится около 40% валовых выбросов вредных веществ, в том числе по твердым веществам около 26% и по газообразным - около 34% (Проблемы экологии ..., 2005). Вблизи предприятий создается зона постоянного и сравнительно высокого содержания в воздухе различных поллютантов и формируется очаг поражения (Лух, 1965; Кулагин, 1974; Фимушин, 1979; Гудериан, 1979; Будун, 1980; Кулагин, 1980; Neumann, Schieler, 1981; Neumann, Pollanschütz, 1982; Кулагин, Сергейчик, 1982; Скудра, 1983; Athari, Kramer, 1983; Мешковский, 1984; Маковская и др., 1984; Черненкова, 1986; Сродных, 1986; Николаевский, 1987; Барткявичюс, 1987; Махнев и др., 1990; Цветков, 1991; Левчук, 1991; Сродных, Менщиков, 1992; Воробейчик и др., 1994; Шавнин, 1994; Воробейчик, Хантемирова, 1994; Харук и др., 1996; Кучеров, Мулдашев, 1996; Фомин, 1998; Лопатин, 1998; Рунова, 1999; Бобкова и др., 1999; Власенко, 1999; Голиков, 2000; Акимова, Хаскин, 2001; Цветков, Цветков, 2003; Кулагин, Шагиева, 2005; Тарханов, Щекалев, 2007; Бачурина, 2008; Валетова, 2009; Низаметдинов, 2009; Завьялов, 2009; Суслов, 2011; Зарубина, 2011).

Возникающие техногенные аномалии вокруг промышленных предприятий представляют собой систему концентрических зон, объединяющих лесные массивы с близкой степенью загрязнения и повреждения и в градиенте которых концентрация загрязняющих веществ убывает от центра к периферии (Фимушин, 1979; Vache, 1979; Рожков, Козак, 1989; Махнев, Любашевский, 1991; Кучеров, Мулдашев, 2003; Бачурина, 2008).

Для 65-летних сосняков, произрастающих в градиенте загрязнений от завода азотных удобрений в Йонаве (Литва) Й. Сидаравичюсом (1987) опубликованы данные, свидетельствующие о существенном снижении массы хвои у равновеликих деревьев по мере приближения к источнику загрязнений. Противоположные данные приводит И.А. Юсупов (1996) для культур сосны, свидетельствующие о снижении охвоенности кроны равновеликих деревьев по мере удаления от от Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ). Однако в расчете на 1 га насаждений масса хвои на тех же пробных площадях составила соответственно 3,5; 5,0 и 10,2 т/га, т.е.

деградация насаждений происходит не на уровне равновеликих деревьев, а на уровне насаждений в целом, в основном, за счет деградации их морфоструктуры.

В условиях Литвы установлено, что усыхание в поврежденных одно-возрастных естественных сосняках в первую очередь проходит за счет наиболее тонких, отстающих в росте деревьев (Барткявичюс, 1987; Юкнис, 1987). Противоположная закономерность установлена в 40-летних культурах сосны, произрастающих в градиенте загрязнений от СУМЗ: с увеличением степени загрязнения повышается доля деревьев низших ступеней толщины (Юсупов и др., 1999).

У многочисленных хвойных установлено увеличение плотности охвоения побегов в связи с продвижением от фоновых районов к источнику загрязнений (Аугустайтис, 1989, 1992; Ярмишко, 1997; Тарханов, 2011). С другой стороны, известна закономерность снижения охвоенности крон деревьев по мере приближения к источнику загрязнений (Сидаравичюс, 1987; Brassel, Schwyzer, 1992). Вследствие наложения двух противоположных тенденций по мере приближения к источнику загрязнений достаточно четкие закономерности в изменении фитомассы и ЧПП деревьев не всегда подтверждаются (Бергман, 2011).

В.А. Усольцевым (1998) показано, что чем выше доля зоны транзита воды в общей площади заболони, тем выше при прочих равных условиях масса хвои и соответствующая масса продуцируемых ею ассимилятов, основная часть которых депонируется в виде прироста объема ствола или площади сечения. В таком случае изменение прироста ствола при неизменных значениях площади заболони и массы хвои характеризует изменение эффективности «работы» хвои, в том числе вследствие загрязнений.

При исследовании биологической продуктивности лесов большое значение имеют данные о плотности и содержании сухого вещества в фитомассе деревьев, или о квалиметрических показателях (Исаева, 1963; Полубояринов, 1970, 1974, 1976).

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Леса, подверженные воздействию КМК в северо-восточном (поветренном) направлении, находятся в ведении Кыштымского лесничества (Кыштымское и Карабашское участковые лесничества) Челябинской области. По лесорастительному районированию Б.П. Колесникова (Колесников и др., 1973) территория лесничества отнесена к южноуральской провинции горно-таежных и смешанных лесов, а более обширная центральная часть - к провинции предгорных березово-сосновых лесов. В диссертации описаны лесорастительные и климатические условия района, рельеф и почвы, гидрография и гидрологические условия. Приведены основные показатели лесного фонда, описано состояние загрязненных насаждений в окрестностях КМК.

ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В направлении розы ветров (северо-восток) подобраны участки насаждений для закладки пробных площадей согласно ОСТ 56-69-83 “Пробные площади лесоустроительные”. Таксационная характеристика 12 заложённых пробных площадей дана в табл. 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев пробных площадей, заложённых в сосняках в градиенте загрязнений от КМК

L^* , км	Породный состав	Возраст древостоя, лет	Класс бонитета	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, экз./га	Площадь сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га
4,2	7С3Б+Ос	80	III	20,6	26,9	392	15,97	179
5,5	9С1Б	80	III	19,9	31,1	422	27,97	323
5,8	10С+Б	80	II	21,2	31,1	504	34,46	485
6,6	8С1Б1Ос	80	III	19,8	28,4	440	26,33	368
7,3	10С+Б	80	III	20,4	27,6	640	35,74	468
8,3	8С1Б1Лц	80	III	19,5	23,8	560	25,64	275
8,8	7С3Б	80	III	18,6	27,8	437	24,60	322
9,5	7С3Б	70	II	18,6	28,4	434	27,23	401
13,3	10С+Б	80	III	20,4	27,6	549	30,64	373
13,8	10С+Б	80	II	20,6	27,7	591	32,48	386
14,5	9С1Б	70	II	19,5	25,3	989	43,69	512
32,0	8С2Б	80	II	20,3	28,5	600	35,00	492

* L – здесь и далее расстояние от источника загрязнений.

Для определения фитомассы деревьев и древостоев взяты модельные деревья, систематическую выборку которых формировали в соответствии с рядами распределения деревьев по диаметру. Обработано 42 модельных дерева в возрасте от 30 до 90 лет. Ствол делили на 10 секций, на середине каждой секции и на расстоянии 1,3 м от комля выпиливали диски и определяли диаметры ствола в коре и без коры. По этим замерам рассчитывали объем древесины и коры дерева. У стволов взяты выпилены-диски на относительных высотах 20, 50 и 80% от общей высоты дерева и выполнены у каждого замеры массы с точностью до 0,1 г и объема древесины и коры. Определена плотность каждой фракции в свежем состоянии, а также термовесовым способом – содержание сухого вещества. Всего обработано 126 дисков.

Фитомасса крон и их структурных частей определялась после деления крон на три одинаковые по длине секции. После взвешивания каждой секции кроны с точностью до 50 г производилось деление их на охвоенные и неохвоенные ветви, масса которых взвешивалась с точностью до 50 г. За-

тем из охвоенной части каждой секции отбиралась навеска (около 0,5 кг) для установления соотношения хвои и скелетных частей.

С этой целью хвоя в навеске отделялась от ветвей и отдельно взвешивалась масса этих компонентов с точностью до 1 г. По установленным соотношениям определяли фитомассу хвои и древесных частей для каждой секции, а затем - для всей кроны. Общее количество взятых навесок хвои и ветвей – соответственно 102 и 102. По полученным значениям рассчитывали абсолютно сухую массу ветвей дерева. Сушка древесины и коры дисков, а также навесок хвои и ветвей производилась до постоянного веса в термостатах при температуре 100-105⁰С. Фитомасса и ЧПП лиственных пород древесного яруса определены по базе данных В.А. Усольцева (2007). Фитомасса древостоев на 1 га рассчитана регрессионным методом.

Таким образом, в нашем исследовании принят лесотаксационный подход, основанный на «древоизмерении» методами традиционной (Анучин, 1971) и весовой (Поздняков, 1985) таксации, с последующим анализом изменения полученных продукционных показателей деревьев и древостоев по мере удаления от источника загрязнений.

Показатели биопродуктивности подроста и подлеска определены с использованием методики Ботанического института РАН (Методы..., 2002). На каждой пробной площади методом случайной выборки заложены три мини-площадки размером 5×5 м. Диапазон варьирования высот разбивали на три градации по каждому виду и в пределах каждой градации вели пересчет по диаметру у основания корневой шейки штангенциркулем с точностью до 0,5 мм. Модельные растения каждого вида (всего 169) взяты на пробных площадях в градиенте загрязнения, по одному растению в каждой ступени толщины. Растения высотой менее 0,5 м фракционировали, взвешивали и сушили при 100-105⁰С до постоянной массы. У корневой шейки по годичным кольцам определяли возраст, делением на который полученной массы скелетной части растения определена ее первичная продукция. Первичная продукция хвои определена путем деления ее массы на средний (по нескольким мутовкам) возраст хвои.

У растений высотой более 0,5 м секатором отделяли охвоенные побеги, из их общего количества брали навеску массой до 500 г, взвешивали; у нее отделяли хвою и повторно взвешивали. Затем хвою и остальную часть навески сушили раздельно до постоянной массы, снова взвешивали и рассчитывали содержание сухого вещества в обеих фракциях. По их значениям определяли сухую массу фракций всего растения. Аналогично определяли ЧПП скелетной части и хвои. Полученные значения фракционного состава модельных растений каждого вида отдельно соотносили с их суммой площадей сечений и затем по общей сумме площадей сечений, полученной пересчетом на каждой из трех мини-площадок, находили значение фитомассы и ЧПП скелетной части и хвои и переводили ее на 1 га.

Мы признательны сотруднице Уральского государственного лесотехнического университета к.с.-х.н. А.В. Бачуриной, любезно предоставившей нам некоторые таксационные материалы и данные о фитомассе живого напочвенного покрова.

ГЛАВА 4. СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ И ЧПП ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГРАДИЕНТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ: АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ТАБЛИЦ

С целью исключения варьирования биопродуктивности, обусловленного возрастом и ценотическим положением дерева, мы применили метод аллометрических уравнений, в которых в качестве независимых переменных включены таксационные показатели деревьев. Аллометрическое уравнение представляет собой степенную функцию, линеаризованную путем логарифмирования:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D, \quad (1)$$

где P_i – надземная фитомасса фракции дерева в абсолютно сухом состоянии, кг; D – диаметр ствола на высоте груди (см).

В главе 1 отмечались две противоположные тенденции по мере приближения к источнику загрязнений: с одной стороны, увеличение плотности охвоения побегов (Ярмишко, 1997; Тарханов, 2011), а с другой – снижение охвоенности крон деревьев (Сидаравичюс, 1987; Brassel, Schwyzer, 1992). Чтобы выяснить, какая из названных тенденций преобладает на наших объектах, мы проанализировали многофакторную аллометрическую зависимость массы и ЧПП хвои и скелетных частей дерева от его диаметра, высоты и возраста на разных расстояниях от источника загрязнений (км), которые закодировали числовыми значениями так называемой номинальной переменной L (Айвазян и др., 1985), равной соответственно 4, 7, 8, 9, 14 и 32 (см. табл. 1), и ввели ее в многофакторное уравнение связи в качестве еще одной независимой переменной. Высота дерева при прочих равных условиях учитывает условия произрастания, однако в нашем исследовании она оказалась тесно коррелированной с диаметром ствола и статистически незначимой. При расчете моделей для оценки фитомассы и ЧПП деревьев принята структура уравнений:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln A + a_3 \ln L; \quad (2)$$

$$\ln Z_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln A + a_3 \ln L, \quad (3)$$

где P_i и Z_i – соответственно фитомасса и ЧПП i -й фракции дерева (хвои, ветвей и ствола) в абсолютно сухом состоянии, кг; A – возраст дерева, лет; L – номинальная переменная, выражающая степень удаления от КМК, км.

Однако значимость констант при переменной A в обоих уравнениях оказалась статистически не достоверной, и расчет выполнен в соответствии со структурой следующих уравнений:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln L; \quad (4)$$

$$\ln Z_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln L. \quad (5)$$

В уравнениях (4) и (5) константы a_1 значимы на 5%-ном уровне, а коэффициенты детерминации R^2 варьируют в диапазоне от 0,856 до 0,979 в (4) и от 0,786 до 0,926 - в (5). Однако константа a_2 при переменной L статистически значима не на 5-, а лишь на 10%-ном уровне. В градиенте загрязнений на расстоянии от 4 до 32 км от КМК фитомасса и ЧПП деревьев сосны увеличивается соответственно на 9 и 11%, при этом происходит перераспределение фитомассы и ЧПП между кроной и стволом в пользу последнего (табл. 2). Поскольку названные тенденции имеют низкую степень статистической значимости, для расчетов продукционных показателей деревьев сосны принята упрощенная структура уравнений:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D; \quad (6)$$

$$\ln Z_i = a_0 + a_1 \ln D \quad (7)$$

с коэффициентами R^2 от 0,784 до 0,969. На их основе составлена табл. 3.

Таблица 2

Изменение фитомассы и ЧПП деревьев сосны разного диаметра в связи с удалением от КМК (по уравнениям 4 и 5, фрагмент)

L, км	Фрак- ции	Диаметр ствола на высоте груди, см								
		8	12	16	20	24	28	32	36	40
4	Фитомасса									
	Хвоя	1,02	2,37	4,32	6,88	10,1	13,9	18,3	23,4	29,2
	Ветви	1,65	4,38	8,75	15,0	23,2	33,6	46,3	61,5	79,2
	Ствол	9,36	28,2	61,5	112,7	184,8	280,9	403,7	514,8	739,8
	Итого	12,0	34,9	74,5	134,5	218,1	328,4	468,3	599,8	848,2
30	Хвоя	0,82	1,92	3,50	5,57	8,15	11,2	14,8	19,0	23,6
	Ветви	1,35	3,59	7,17	12,3	19,0	27,5	38,0	50,4	64,9
	Ствол	10,6	31,8	69,5	127,4	209,0	317,6	456,4	582,1	836,4
	Итого	12,8	37,3	80,2	145,2	236,1	356,4	509,2	651,4	925,0
4	ЧПП									
	Хвоя	0,174	0,433	0,826	1,36	2,05	2,90	3,92	5,10	6,46
	Ветви	0,102	0,224	0,393	0,607	0,867	1,17	1,52	1,91	2,35
	Ствол	0,143	0,384	0,775	1,33	2,08	3,03	4,20	5,59	7,23
	Итого	0,419	1,04	1,99	3,31	5,00	7,10	9,63	12,6	16,0
30	Хвоя	0,139	0,345	0,658	1,09	1,64	2,31	3,12	4,06	5,15
	Ветви	0,091	0,200	0,351	0,542	0,774	1,05	1,36	1,71	2,10
	Ствол	0,210	0,563	1,14	1,96	3,05	4,44	6,15	8,20	10,6
	Итого	0,439	1,11	2,14	3,58	5,46	7,80	10,6	14,0	17,8

Полученный вывод о слабой обусловленности фитомассы деревьев загрязнениями в сосняках, произрастающих на расстояниях от 4 до 30 км от КМК, находятся в противоречии с результатами как Й. Сидаравичюса (1987), так и И.А. Юсупова (1996) (см. главу 1). Возможно, причина резко-

го снижения охвоенности деревьев в Литве состоит в том, что в их диапазоне расстояний был превышен допороговый уровень загрязнений, а в нашем исследовании в диапазоне расстояний от 4 до 30 км насаждения находились на допороговом уровне выбросов.

Таблица 3

Изменение фитомассы деревьев в связи с диаметром ствола в сосняках, прилегающих к КМК (по уравнениям 6 и 7)

Фракции	Диаметр ствола на высоте груди, см								
	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	Фитомасса								
Хвоя	0,819	1,98	3,70	6,02	8,96	12,5	16,8	21,7	27,2
Ветви	1,51	4,00	7,99	13,7	21,2	30,7	42,4	56,3	72,6
Ствол	9,91	29,8	65,0	119,1	195,3	296,7	426,3	586,8	780,9
Итого	12,2	35,8	76,7	138,8	225,5	340,0	485,4	664,7	880,7
	ЧПП								
Хвоя	0,157	0,390	0,745	1,23	1,85	2,62	3,54	4,61	5,85
Ветви	0,097	0,213	0,373	0,577	0,824	1,11	1,44	1,82	2,23
Ствол	0,171	0,458	0,922	1,59	2,47	3,60	4,97	6,62	8,56
Итого	0,424	1,06	2,04	3,39	5,15	7,33	10,0	13,1	16,6

Поскольку в литературе предпринимаются попытки обосновать правомерность аллометрической зависимости (1) в качестве «всеобщей» модели (Wirth, 2004), и в то же время имеются противоположные мнения (Freedman, 1984; Lehtonen, Vayred, 2002), нами проанализированы модели (1) для естественных сосняков из разных регионов с целью установления региональных расхождений и возможности использования обобщенных (унифицированных) моделей. Полученные данные о фитомассе деревьев сосны вблизи КМК взяты в качестве исходных. Общее количество модельных деревьев, подвергнутых региональному анализу смещений в показателях фитомассы, составило 840.

Для оценки региональных смещений в величине фитомассы равновеликих деревьев уравнение (1) модифицировано путем включения в него дополнительных переменных – высоты дерева и так называемых фиктивных блоковых переменных (Дрейпер, Смит, 1973), которыми закодирована принадлежность локальных массивов данных о фитомассе деревьев по специальной схеме.

Оказалось (табл. 4), что фитомасса кроны, ствола и вся надземная равновеликих деревьев сосны в «чистых» регионах по отношению к Карабашу ниже соответственно на 16-40, 5-17 и 8-16%. Это означает, что не установлено статистически достоверного отрицательного влияния загрязнений на средние показатели фитомассы равновеликих деревьев в прилегающих к Карабашу сосновых насаждениях. По-видимому, загрязнения в

первую очередь влияют на морфоструктуру древостоев (Барткявичюс, 1987), а не на фитомассу отдельных деревьев.

Таблица 4

Относительные показатели фитомассы деревьев разных регионов,
% к значениям для Карабаша

Регион	Фитомасса фракций, %			
	Хвоя	Ветви	Стволы	Вся надземная
I	100	100	100	100
II	74	59	92	89
III	69	71	87	84
IV	69	84	95	92
V	82	78	83	82
VI	82	84	92	91

*Обозначения регионов: I – Карабаш - исходный массив (42); II – Аман-Карагайский бор в Тургайском прогибе (120); III – Ара-Карагайский бор там же (141); IV – Казахский мелкосопочник в Северном Казахстане (97); V - Красноярско-Канская лесостепь (256); VI – Средний Урал (184) (Семечкина, 1978; Усольцев, 1997; Усольцев и др., 2006). Цифрами в скобках обозначено количество модельных деревьев

Таким образом, установленные региональные смещения в величине фитомассы равновеликих деревьев не позволяют использовать обобщенные (унифицированные) аллометрические уравнения для определения фитомассы деревьев в естественных сосняках разных регионов.

ГЛАВА 5. ПРОДУКТИВНОСТЬ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГРАДИЕНТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОТ КМК

Й. Сидаравичюс (1985) при оценке повреждающего воздействия загрязнений на деревья использовал показатель, выраженный отношением объемного прироста ствола к массе хвои (Z_v/P_f). В нашем анализе вместо объемного прироста использован показатель, получаемый непосредственным измерением, - годичный прирост площади сечения (Z_g), а также соответствующий показатель продуктивности хвои Z_g/P_f .

В нашем исследовании для корректной оценки продуктивности хвои учтены два определяющих фактора, т.е. площадь сечения заболони (G_z) как характеристика ксилемного транспорта и годичный прирост площади сечения ствола на высоте груди (Z_g) как характеристика флоэмного транспорта. Продуктивность хвои оценивается относительными показателями: прямым (Z_g/P_f) и косвенным (Z_g/G_z). Последний представлен отношением прироста площади сечения ствола к площади его заболони: чем больше годичный прирост ствола при одной и той же площади сечения заболони, тем выше продуктивность хвои.

При анализе изменчивости относительных показателей продуктивности хвои мы исходили из предположения, что они зависят, во-первых, от возраста дерева и, во-вторых, - от степени загрязнений. Поэтому по совокупности взятых 42 модельных деревьев рассчитаны двухфакторные регрессии:

$$\ln(Z_g/P_f) = 4,025 - 0,813 \ln A + 0,175 \ln L; R^2 = 0,573; \quad (8)$$

$$\ln(Z_g/G_z) = 1,418 - 0,811 \ln A + 0,150 \ln L; R^2 = 0,511, \quad (9)$$

где Z_g – годичный прирост площади сечения ствола на высоте груди (см^2), средний за последние 5 лет; Z_g – площадь сечения заболони ствола (см^2); P_f – масса хвои дерева, кг. Значимость всех констант в (8) и (9) характеризуется значениями критерия Стьюдента в пределах от 2,4 до 5,0, что выше $t_{\text{табл}} = 2,0$.

Табулирование уравнений (8) и (9) по задаваемым значениям возраста дерева и удаления от источника загрязнений показало (табл. 5), что продуктивность хвои как по прямому, так и по косвенному ее показателю, снижается с возрастом дерева в пределах одной зоны загрязнения, а у деревьев одного и того же возраста - по мере приближения к источнику загрязнений.

Оба показателя Z_g/P_f и Z_g/G_z при увеличении возраста дерева с 40 до 120 лет снижаются в 2,4 раза. В градиенте загрязнений при увеличении расстояния от КМК с 4 до 30 км показатель Z_g/P_f возрастает на 42, а показатель Z_g/G_z – на 35%.

Таблица 5

Изменение продуктивности хвои деревьев сосны обыкновенной разного возраста в связи с удалением от КМК

L, км	Продуктивность хвои Z_g/P_f ($\text{см}^2/\text{кг}$) при возрасте дерева, лет					Продуктивность хвои Z_g/G_z ($\text{см}^2/\text{см}^2$) при возрасте дерева, лет				
	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120
4	3,55	2,55	2,02	1,68	1,45	0,255	0,184	0,145	0,121	0,105
6	3,81	2,74	2,17	1,81	1,56	0,271	0,195	0,154	0,129	0,111
8	4,01	2,88	2,28	1,90	1,64	0,283	0,204	0,161	0,135	0,116
12	4,30	3,09	2,45	2,04	1,76	0,301	0,216	0,171	0,143	0,123
20	4,70	3,38	2,68	2,23	1,92	0,324	0,234	0,185	0,154	0,133
30	5,05	3,63	2,87	2,40	2,07	0,345	0,248	0,196	0,164	0,141

ГЛАВА 6. ФИТОМАССА И ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ГРАДИЕНТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОТ КМК

Структура фитомассы сосновых насаждений и анализ ее связи с расстоянием от источника загрязнений. Необходимо выяснить, влияет ли использование унифицированных аллометрических уравнений на закономерность изменения биопродуктивности насаждений по мере удаления

от КМК, или необходимо для каждой зоны применять локальные уравнения (1), рассчитанные для зональных пробных площадей?

По исходному массиву фактических данных фитомассы деревьев нами рассчитаны те и другие из упомянутых аллометрических уравнений. На их основе выполнены определения фитомассы древесного яруса по материалам инструментальной таксации древостоев 12 пробных площадей. Результаты нанесены на графики (рис. 1). Для аналитического описания соответствующих зависимостей, полученных по локальным и обобщенным аллометрическим уравнениям фитомассы, принята структура регрессионной модели:

$$P_i = a_0 + a_1 (1/L)^2, \quad (10)$$

где P_i – фитомасса i -ой фракции (хвои, ветвей, стволов и всей надземной, соответственно P_f , P_{br} , P_{st} и P_{abo}), т/га. Как показано на рис. 1, линии регрессии, рассчитанные для фракционного состава фитомассы, полученного по двум разным типам аллометрических уравнений – локальным и обобщенным – довольно близки, за исключением регрессии для массы хвои.

Для установления достоверности различия между линиями регрессии (10), рассчитанными по двум методам, введена бинарная переменная T , и структура уравнения (10) модифицирована к виду:

$$P_i = a_0 + a_1(1/L)^2 + a_2(T), \quad (11)$$

где T – бинарная переменная, характеризующая тип уравнения, по которому рассчитан фракционный состав фитомассы на единице площади; T здесь и далее принята равной 1 и 0 соответственно для локальных и обобщенных аллометрических уравнений. Статистический анализ показал, что различие между двумя названными линиями регрессии не достоверно, поскольку значимость константы a_2 , изменяющаяся в пределах от 0,47 до 1,73, существенно ниже табличной, равной 2,0. Поэтому рассчитаны унифицированные регрессии, характеризующие обобщенные тренды изменения фракционного состава фитомассы по мере удаления от КМК, структура которых соответствует (10). Характеристика обобщенных уравнений (10) дана в табл. 6. Коэффициенты детерминации обобщенных уравнений (10) статистически достоверны (критерий Стьюдента $t_{\text{факт}}$ на 95-процентном уровне выше табличного, а именно составил от 2,8 до 3,9, что больше $t_{05} = 2,0$).

Таблица 6

Характеристика обобщенных уравнений (10)

P_i	Константы и независимые переменные		R^2	SE
	a_0	$a_1(1/L)^2$		
P_f	7,304	-55,07	0,268	1,67
P_{br}	18,777	-107,9	0,409	2,48
P_{st}	187,02	-1088,0	0,402	27,6
P_{abo}	211,65	-1201,9	0,398	30,8

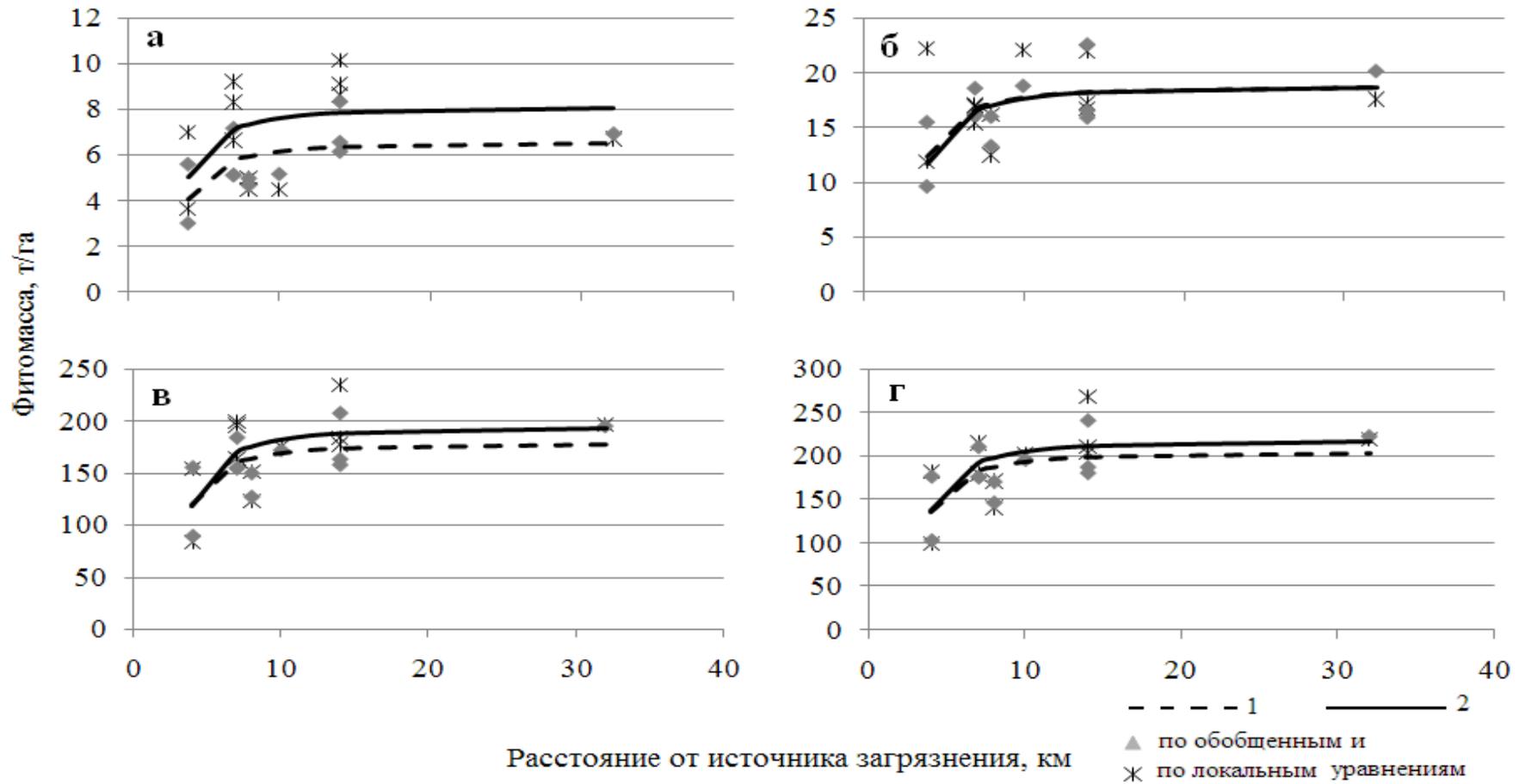


Рис. 1. Связь надземной фитомассы соснового древостоя с расстоянием от КМК по уравнению и ее соотношение с фактическими данными; 1 – кривая, полученная на основе данных обобщенного уравнения; 2 – кривая, полученная на основе данных локальных уравнений; а – хвоя; б – ветви; в – ствол; г – надземная фитомасса.

Структура ЧПП сосновых насаждений и анализ ее связи с расстоянием от источника загрязнений. Аналогичное сопоставление аллометрических уравнений выполнено для ЧПП деревьев. Результаты определения ЧПП древесного яруса на единице площади по локальным и обобщенным аллометрическим уравнениям ЧПП модельных деревьев и инструментальной таксации древостоев 12 пробных площадей в градиенте загрязнений от КМК, приведены на рис. 2, из которых видно, что закономерность изменения фракционного состава ЧПП по мере удаления от КМК аналогична таковой для фитомассы. Для аналитического описания соответствующих зависимостей ЧПП, полученных по локальным и обобщенным аллометрическим уравнениям, принята та же структура регрессионной модели, что и для фитомассы:

$$Z_i = a_0 + a_1 (1/L)^2, \quad (12)$$

где Z_i – ЧПП фитомассы i -ой фракции (хвои, ветвей, стволов и всей надземной, соответственно Z_f , Z_{br} , Z_{st} и Z_{abo}), т/га.

Статистический анализ показал, что различие между двумя названными линиями регрессии не достоверно, поскольку значимость константы a_2 , изменяющаяся в пределах от 0,37 до 1,21, существенно ниже табличной, равной 2,0. В этой связи мы сочли возможным рассчитать унифицированные регрессии (12), характеризующие обобщенные тренды изменения фракционного состава ЧПП сосняков в градиенте расстояний от КМК. Характеристика обобщенных уравнений (12) дана в табл. 7.

Таблица 7

Характеристика обобщенных уравнений (12)

Z_i	Константы и независимые переменные		Значимость константы a_1 по t-критерию	R^2	SE
	a_0	$a_1(1/L)^2$			
Z_f	1,991	-11,40	3,0	0,299	0,33
Z_{br}	0,707	-4,26	3,8	0,411	0,10
Z_{st}	2,222	-14,15	3,0	0,288	0,46
Z_{abo}	4,897	-26,31	3,4	0,344	0,76

Таким образом, подтверждается высказанное выше предположение, что в принятом в нашем исследовании диапазоне расстояний от КМК в пределах от 4 до 30 км фитомасса сосняков определяется не столько структурой фитомассы составляющих деревьев, сколько морфоструктурой древостоев. Дополнительным подтверждением служит зависимость запаса стволовой древесины от степени удаления от КМК, описанная таким же уравнением, как (10) и (12). Как по показателям фитомассы и ЧПП, так и по запасу стволовой древесины на 1 га, закономерность изменения их в градиенте загрязнений одна и та же: резкое увеличение в диапазоне от 4-5 до 12-15 км с последующей стагнацией. Аналогичная закономерность выявлена в прилегающих к востоку от СУМЗ сосняках (Фимушин, 1979; Юсупов и др., 1997) и елово-пихтовых древостоях (Бергман, 2011).

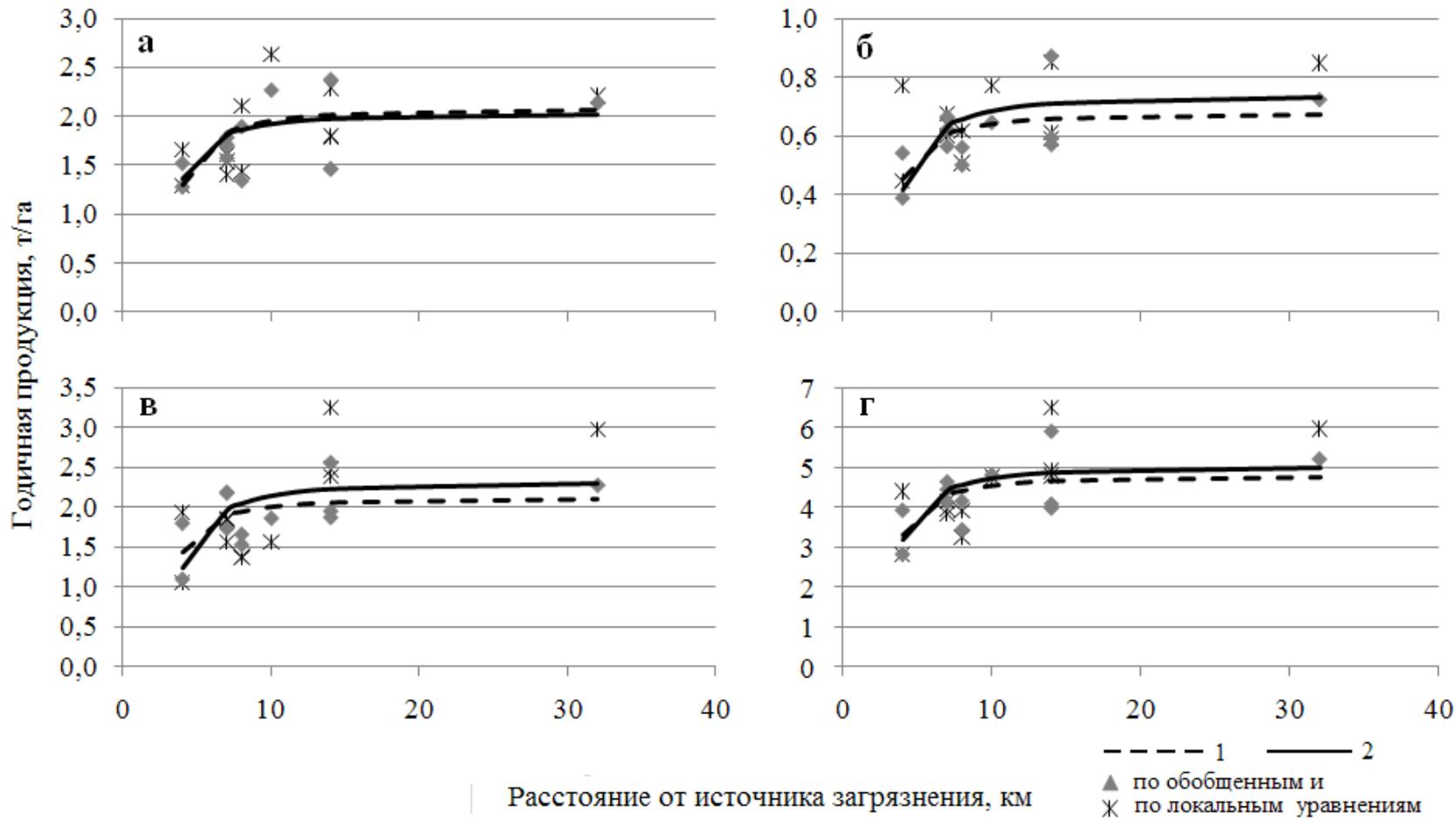


Рис. 2. Связь надземной ЧПП древостоев сосны с расстоянием от КМК по уравнению (6.3) и ее соотношение с фактическими данными; 1- кривая полученная на основе данных, рассчитанных с помощью обобщенного уравнения (см. табл. 6.8); 2 – кривая полученная на основе данных, рассчитанных с помощью локальных уравнений (см. табл. 6.7); а – хвоя; б – ветви; в – ствол; г – общая надземная.

Фитомасса и ЧПП нижнего яруса сосновых насаждений и анализ их связи с расстоянием от источника загрязнений. Рассмотрим закономерности изменения фитомассы и ЧПП нижнего яруса (подрост, подлесок и ЖНП) вблизи КМК, которые определены в том же градиенте загрязнений, что и соответствующие показатели основного яруса. Значения фитомассы и ЧПП нижнего яруса нанесены на графики (рис. 3), из которых виден характер изменения фракционного состава названных показателей по мере удаления от КМК: резкое увеличение фитомассы и ЧПП в диапазоне расстояний от 4-5 до 10-12 с последующей стабилизацией. Эти закономерности описаны уравнениями:

$$P_u = 1,329 - 21,777 (1/L)^2; R^2 = 0,832, SE = 0,224; \quad (13)$$

$$Z_u = 0,661 - 9,917 (1/L)^2; R^2 = 0,908, SE = 0,072, \quad (14)$$

где P_u и Z_u – соответственно фитомасса и ЧПП нижнего яруса, т/га. Уравнения (13) и (14) статистически достоверны, поскольку значение $t_{\text{факт}}$ константы при переменной $(1/L)^2$ составило в первом случае 4,5 и во втором 6,3, т.е. в обоих случаях больше $t_{05} = 2,0$. Графическая интерпретация уравнений (13) и (14) дана на рис. 3.

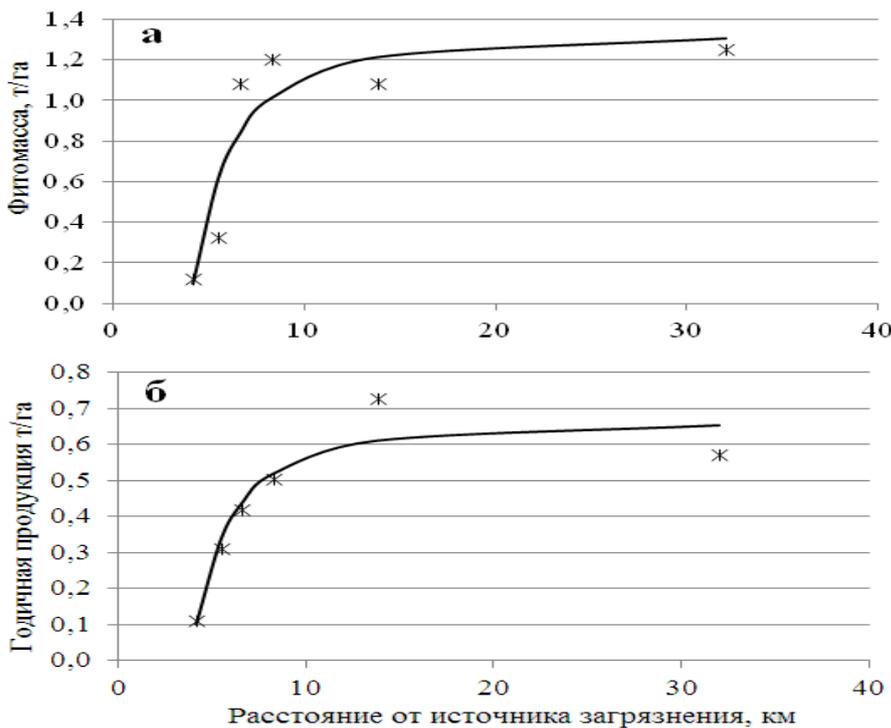


Рис. 3. Связь надземной фитомассы (а) и ЧПП (б) нижнего яруса сосновых насаждений с расстоянием от КМК по уравнениям (13) и (14) и их соотношение с фактическими данными.

ГЛАВА 7. ПЛОТНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА В ФИТОМАССЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГРАДИЕНТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОТ КМК

Регрессионные модели и таблицы для оценки квалиметрических показателей фитомассы стволов деревьев в градиенте загрязнений от КМК. Квалиметрические характеристики фитомассы сосны в насаждении-

ях, примыкающих к КМК, проанализированы методом многофакторного регрессионного моделирования согласно структуре уравнений:

$$\rho \text{ и } S = a_0 + a_1h + a_2D + a_3L, \quad (15)$$

где ρ - плотность древесины или коры в свежем состоянии, кг/м³; S – содержание сухого вещества (ССВ) в фракциях фитомассы, %; h – относительная высота сечения ствола, в долях от общей высоты дерева; D – диаметр ствола на высоте груди, см; L – номинальная переменная, выражающая степень удаления от КМК, км. Характеристика полученных уравнений приведена в табл. 8. Все константы уравнений (15) значимы на 5%-ном уровне и выше.

Таблица 8

Характеристика уравнений (15)

Зависимая переменная S , %	Константы и независимые переменные уравнений				R^2	SE
	a_0	a_1D	a_2h	a_3L		
- для древесины	69,89	-0,246	-22,41	-0,0669	0,813	2,85
- для коры	40,03	0,192	15,50	0,308	0,560	4,53
Зависимая переменная ρ , кг/м ³						
- для древесины	642,5	2,527	192,0	-1,527	0,416	63,1
- для коры	652,9	-4,009	619,7	-4,288	0,528	152,5

Регрессионные модели и таблицы для оценки квалиметрических показателей фитомассы крон деревьев в градиенте загрязнений от КМК. Поскольку образцы ветвей и хвои брали из трех секций кроны, на которые она была разделена вдоль по стволу, в структуру регрессионной модели (15) для S (ССВ) вместо переменной h включена переменная U , представленная порядковым номером секции кроны в направлении от ее вершины к основанию. Принятая структура модели имеет вид:

$$S = a_0 + a_1D + a_2L + a_3U, \quad (16)$$

а ее характеристика представлена в табл. 9.

Таблица 9

Характеристика уравнений (16) для ССВ в ветвях и хвое сосны

Зависимая переменная S , %	Константы и независимые переменные уравнений				R^2	SE
	a_0	a_1D	a_2L	a_3U		
- для ветвей	48,46	-0,0937	-0,119	1,109	0,538	1,46
- для хвои	46,48	0,103	-0,109	-	0,339	1,65

Для ССВ хвой переменной U оказалась статистически не значимой ($t_{\text{факт}} = 0,4 < t_{05} = 2,0$). Уравнения, приведенные в табл. 9, протабулированы по задаваемым значениям независимых переменных, и получены соответствующие таблицы. Средние значения квалитетических показателей даны в табл. 10.

Таблица 10

Средние значения содержания сухого вещества во фракциях надземной фитомассы (%) и плотности стволовой древесины и коры (кг/м^3) сосны

Фракция	М	$\pm m$	$\pm \sigma$	Число наблюдений
Содержание сухого вещества				
Ствол	52,5	0,605	6,63	120
Кора	54,1	0,705	7,72	120
Ветви	47,0	0,233	2,31	98
Хвоя	47,6	0,288	2,85	98
Плотность древесины и ствола				
Древесина ствола	762	9,08	99,4	120
Кора ствола	846	23,9	262	120

Примечания: М – среднее значение показателя; m – ошибка; σ - средне-квадратическое отклонение.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что по мере удаления от КМК с 4 до 30 км фитомасса и ЧПП большинства фракций изменяется, но это изменение подтверждено не на 5-, а лишь на 10%-ном уровне: масса хвой и ветвей равновеликих деревьев снижается соответственно на 20 и 18%, а масса стволов возрастает на 13%. ЧПП хвой и ветвей снижается соответственно на 20 и 11%, а ЧПП стволов увеличивается на 47%. По мере удаления от КМК происходит перераспределение фитомассы и ЧПП кроны и ствола в пользу последнего. Вследствие взаимной компенсации двух тенденций вся надземная фитомасса и ЧПП возрастают в названном градиенте по мере удаления от КМК незначительно -соответственно на 9 и 11%. Для ориентировочных расчетов фитомассы и ЧПП сосняков на прилегающих к КМК территориях составлены упрощенные таблицы изменения фракционного состава деревьев в зависимости от диаметра ствола.

2. Региональный анализ аллометрических уравнений показал, что фитомасса кроны, ствола и вся надземная деревьев сосны в естественных древостоев в «чистых» регионах южнотаежной, лесостепной и степной подзон по отношению в району Карабаша ниже соответственно на 16-40, 5-17 и 8-16%. Это означает, что не установлено статистически достоверного отрицательного влияния загрязнений на средние показатели фитомассы равновеликих деревьев в прилегающих к КМК лесах. По-видимому, за-

загрязнения в первую очередь влияют на морфоструктуру древостоев, а не на фитомассу отдельных деревьев. Установленные региональные смещения в величине фитомассы равновеликих деревьев не позволяют использовать обобщенные (унифицированные) аллометрические уравнения для определения фитомассы деревьев в естественных сосняках разных регионов.

3. Относительные показатели продуктивности хвои, выраженные отношением прироста площади сечения ствола к массе хвои (прямой показатель) и к площади сечения заболони (косвенный показатель), снижаются с возрастом дерева в пределах одной зоны загрязнения, а у деревьев одного и того же возраста - по мере приближения к источнику загрязнений. В пределах одной зоны загрязнения оба показателя при увеличении возраста дерева с 40 до 120 лет снижаются в 2,4 раза, а при увеличении расстояния от КМК с 4 до 30 км относительные показатели продуктивности хвои возрастают на 35-42%.

4. При использовании косвенного показателя продуктивности хвои для количественной оценки ее снижения в градиенте загрязнений не требуется определения фитомассы хвои у модельных деревьев на пробных площадях, а достаточно получить необходимое количество кернов у растущих деревьев, по ним рассчитать дендрометрические показатели, характеризующие ксилемный и флоэмный транспорт дерева, и по соотношению последних дать количественную характеристику снижения продуктивности ассимиляционного аппарата той или иной древесной породы в градиенте промышленных загрязнений.

5. Применение обобщенных аллометрических уравнений (т.е. рассчитанных по всему градиенту загрязнений) для расчета фракционного состава фитомассы и ЧПП на 1 га сосняков не дает статистически значимых смещений по сравнению с результатами расчета на основе локальных (зональных) уравнений.

6. Фитомасса и ЧПП древесного и нижнего (т/га) ярусов в градиенте загрязнений сосновых насаждений по мере удаления от КМК резко увеличивается в диапазоне от 4-5 до 10-12 км, а при дальнейшем удалении стабилизируется.

7. Установлены статистически достоверные изменения содержания сухого вещества и плотности фракций фитомассы по определяющим факторам. В направлении от основания к вершине ствола плотность как его древесины, так и коры, снижается, а содержание сухого вещества в том же направлении в древесине снижается, а в коре возрастает. По мере удаления от КМК содержание сухого вещества и плотность в свежем состоянии как древесины ствола, так и его коры, снижается. Аналогичная закономерность по показателю ССВ хвои и ветвей. При увеличении диаметра ствола плотность древесины и коры уменьшается, а ССВ в древесине снижается, но в коре возрастает; в ветвях же ССВ уменьшается, но в хвое увеличивается.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ:

По списку ВАК

1. Усольцев В.А., Бергман И.Е., Уразова А.Ф., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Воробейчик Е.Л., Колтунова А.И. Изменение продуктивности хвои деревьев в градиенте промышленных загрязнений на Среднем Урале // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2010. № 1(25). С. 40-43.

2. Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Сопига В.А. Дендрометрический подход к оценке биопродуктивности деревьев под влиянием аэрозагрязнений // Естественные и технические науки. 2011. № 2. С. 123-125.

3. Усольцев В.А., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Воробейчик Е.Л., Колтунова А.И. Продуктивность ассимиляционного аппарата деревьев вблизи медеплавильных заводов Урала // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2011. № 3(31). С. 67-70.

В прочих журналах и тематических сборниках

4. Усольцев В.А., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Бачурина А.В. Изменение квалитетических характеристик фитомассы деревьев сосны и березы вблизи Карабашского медеплавильного комбината // Леса России и хоз-во в них. 2010. № 3 (37). С. 30-36.

5. Усольцев В.А., Воробейчик Е.Л., Бергман И.Е., Борников А.В., **Жанабаева А.С.** Влияние промышленных выбросов на биологическую продуктивность лесных экосистем Урала // Лесная таксация и лесоустройство. Межвуз. науч.-практ. журн. 2011. № 1-2 (45-46). С. 58-69.

6. Усольцев В.А., Воробейчик Е.Л., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Бачурина А.В., Кох Е.В., Мезенцев А.Т., Крудышев В.В., Лазарев И.С. Реакция биопродуктивности насаждений на загрязнения от Карабашского медеплавильного комбината // Леса России и хозяйство в них. 2011. № 3 (40). С. 33-44.

7. Усольцев В.А., Воронов М.П., Часовских В.П., Накай Н.В., Бергман И.Е., Уразова А.Ф., Борников А.В., **Жанабаева А.С.** Разработка системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Уральского региона. Аннотационный отчет по гранту РФФИ «Урал» № 07-07-96010 // Региональный конкурс РФФИ «Урал», Свердловская область. Результаты научных работ, полученные за 2008 г. Екатеринбург: Региональный научно-технический центр, 2009. С. 252-255.

8. Усольцев В.А., Воронов М.П., Часовских В.П., Накай Н.В., Семьшев М.М., Бергман И.Е., Уразова А.Ф., Борников А.В., **Жанабаева А.С.** Разработка системы пространственного анализа депонирования углерода лесными экосистемами Уральского региона // Аннотационный отчет по гранту РФФИ «Урал» № 07-07-96010. Региональный конкурс РФФИ «Урал», Свердловская область. Результаты научных работ, полученные за

2007-2009 гг. Екатеринбург: Региональный научно-технический центр, 2010. С. 233-237.

9. Усольцев В.А., Накай Н.В., Уразова А.Ф., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Бергман И.Е. Углероддепонирующая способность лесов: базы данных, методы оценки, география // Генетика, экология, и география дендропопуляций и ценоэкосистем. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 80-88.

10. Усольцев В.А., Борников А.В., **Жанабаева А.С.** Плотность и содержание сухого вещества в фитомассе насаждений вблизи медеплавильных заводов Урала // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2011. Вып. 28. С. 143-147.

11. Усольцев В.А., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Бачурина А.В. Биологическая продуктивность сосняков и березняков в градиенте загрязнений от Карабашского медеплавильного комбината // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2011. Вып. 30. С. 96-99.

12. Усольцев В.А., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Уразова А.Ф., Бергман И.Е. Фитомасса лесных экосистем Урала по градиентам промышленных загрязнений // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири. Матер. V международной интернет-конференции. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. С. 185-188.

13. Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Бачурина А.В., Усольцев В.А., Залесов С.В. Биологическая продуктивность березняков и сосняков в градиенте промышленных загрязнений в окрестностях Карабашского медеплавильного комбината // Материалы VII всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России». Ч. 2. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. С. 17-19.

14. Бачурина А.В., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Усольцев В.А. Изменение таксационных показателей насаждений в градиенте промышленных загрязнений в окрестностях Карабашского медеплавильного комбината // Формирование регионального лесного кластера: социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса: Материалы VIII международной конф. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. С. 193-195.

15. Усольцев В.А., Воронов М.П., Кох Е.В., Бергман И.Е., Уразова А.Ф., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Мезенцев А.Т., Крудышев В.В. Совмещение баз данных лесоинвентаризации и первичной продукции лесов на основе статистических моделей и картирование результатов // Математическое моделирование в экологии. Материалы Второй Национальной конференции с международным участием, 23-27 мая 2011 г. Пущино: ИФХиБПП РАН, 2011. С. 275-277.

16. Usoltsev V.A., Vorobeichik E.L., Bornikov A.V., **Zhanabayeva A.S.** Biological productivity of forests near the Ural copper smelters // Boreal Forests in a Changing World: Challenges and Needs for Actions. Proceedings of 15th IBFRA International Science Conference. August 15-21 2011. Krasnoyarsk: Sukachev Institute of Forest SB RAS. 2011. P. 193-197.

17. Усольцев В.А., Воронов М.П., Кох Е.В., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Мезенцев А.Т., Крудышев В.В., Лазарев И.С. Неопределенности при оценке углерододепонирующей способности лесов и перспективы их устранения // Материалы Междунар. конфер. «Резервуары и потоки углерода в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны». Сыктывкар: Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 111-113.

18. Усольцев В.А., Воробейчик Е.Л., Борников А.В., **Жанабаева А.С.**, Бачурина А.В. Биологическая продуктивность лесных экосистем Урала в градиентах промышленных загрязнений // Материалы Всероссийской научной конф. с международным участием «Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Т. 2: Экология растительных сообществ». С.-Петербург: БИН РАН, 2011. С. 478-481.

Отзывы на автореферат просим направлять в двух экземплярах с заверенными печатью подписями по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, УГЛТУ, ученому секретарю диссертационного совета Бачуриной А.В. Факс: (343) 254-62-25; e-mail: dissovet.usfeu@mail.ru.

Подписано в печать 22.12.2011. Объем 1,0 п.л. Заказ № _____. Тираж 100. 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Уральский государственный лесотехнический университет.
Отдел оперативной полиграфии.