

A  
Электронный архив УГЛТУ

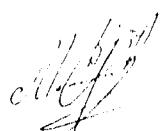
На правах рукописи

Максимов Сергей Викторович

**Потенциальная продуктивность  
фитомассы культур сосны обыкновенной и ее география  
(на примере Северной Евразии)**

Специальность 06. 03. 03. - лесоведение, лесоводство;  
лесные пожары и борьба с ними

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук



Екатеринбург - 2003

Работа выполнена в Уральском государственном лесотехническом университете.

Научные руководители -

доктор сельскохозяйственных наук  
профессор В. А. Усольцев;  
доктор сельскохозяйственных наук  
профессор С.В. Залесов

Официальные оппоненты -

доктор биологических наук  
С. Н. Санников;  
кандидат сельскохозяйственных наук  
В. В. Кириллова

Ведущая организация -

Свердловская лесоустроительная экспедиция

Защита состоится 29 мая 2003 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан 28 апреля 2003 г.

Научная библиотека  
УГЛТУ  
г. Екатеринбург

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. В. Залесов

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** В ходе человеческой истории всегда превалировал принцип антропоцентризма. Последние 12-15 тысяч лет были эпохой преобразования человеком природы, и результативность его творческой деятельности вплоть до настоящего времени оценивалась по эффективному вкладу в ее покорение и преобразование. В итоге развитие цивилизации и состояние биосфера вошли в глубочайшее противоречие, и сегодня нет более широко обсуждаемого понятия, чем «устойчивое развитие», хотя оно все еще не имеет ясного определения (Моисеев, 1999; Кондратьев, Лосев, 2002).

Сегодня уже есть симптомы потери компенсационных способностей биосферы при взрывном росте населения оскудевающей планеты, и один из них: повышение концентрации углекислоты в атмосфере на 20 % за последнее столетие не сопровождается не только адекватным, но и вообще сколько-нибудь заметным увеличением запасов фитомассы растительного покрова (Моисеев, 1999). Более того, в результате рубок и пожаров площадь мировых лесов ежегодно сокращается на 9,4 млн. га, или 0,24 % (Forest area..., 2001).

В оценке упомянутых компенсационных способностей биосферы в части углеродного цикла наиболее слабым звеном является сегодня его расходная часть, определяемая в основном деятельностью микроорганизмов суши и океана. Вместе с тем и оценки приходной части названного цикла наземных экосистем, которую формирует лесная растительность, доминирующая в растительном покрове, остаются пока недостаточно воспроизводимыми, поскольку различаются в несколько раз в зависимости от применяемого подхода.

В этой связи мировое научное сообщество проявляет повышенный интерес к оценке роли фитомассы лесов в глобальных экологических циклах и стабилизации климата. Данных о запасах фитомассы лесного покрова сегодня накоплено уже достаточно, чтобы попытаться свести их в единую базу, дать географический анализ структуры лесной фитомассы и тем самым - исходную основу для многоплановых исследований экологической и биосферной роли лесов. Реализации этой задачи на примере искусственных фитоценозов сосны Северной Евразии посвящена настоящая работа.

Исследования автора проводились в 2000-2002 гг. в рамках проекта «Региональные закономерности депонирования углерода экосистемами основных лесных формаций России», грант Российской фонда фундаментальных исследований № 00-05-64532 (руководитель проекта – профессор Усольцев В. А.).

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы было изучение структуры надземной фитомассы культур сосны обыкновенной на Среднем Урале, а также - анализ географических особенностей распре-

деления фитомассы искусственных сосняков, полученной как по данным пробных площадей, так и совмещенной с таблицами хода роста древостоев, а также предельных ее значений, приведенных в сопоставимое по регионам Северной Евразии состояние с помощью аппарата многофакторного регрессионного моделирования.

В связи с поставленной целью конкретными задачами исследования были:

- изучить особенности структуры надземной фитомассы культур сосны на Среднем Урале;
- на основе собственных и привлеченных экспериментальных данных о фитомассе древостоев выявить зональные и провинциальные закономерности распределения фитомассы искусственных сосновых насаждений в пределах Северной Евразии;
- составить таблицы биологической продуктивности искусственных сосновых насаждений по регионам Северной Евразии и установить зональные и провинциальные закономерности ее изменения;
- выявить зональные и провинциальные закономерности изменения предельных показателей фитомассы искусственных сосновых насаждений.

**Научная новизна.** Впервые изучены особенности структуры надземной фитомассы искусственных молодняков сосновых насаждений в связи с рубками ухода на Среднем Урале. Собрана наиболее полная коллекция экспериментальных данных о фитомассе искусственных ценозов рода *Pinus* в Северной Евразии. В результате впервые для культур сосновых насаждений разработана система региональных многофакторных моделей фитомассы и на их основе проанализированы географические закономерности распределения ее показателей: а) полученных непосредственно по материалам пробных площадей, б) взятых из составленных таблиц биопродуктивности и в) рассчитанных по предельным густотным траекториям.

**Практическая значимость работы** состоит в разработке таксационных таблиц биопродуктивности, необходимых при реализации систем лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности искусственных насаждений сосновых насаждений в Северной Евразии. Результаты исследований найдут применение при разработке лесного кадастра и экологических программ различного уровня, при расчетах углеродного бюджета искусственных экосистем сосновых насаждений в Северной Евразии и при разработке системы глобальных экологических услуг. Данные об изменении структуры фитомассы культур сосновых насаждений составят основу для обоснования режимов рубок ухода.

Составленные таблицы биопродуктивности используются Свердловской лесоустроительной экспедицией Новонижского лесоустроительного предприятия при устройстве сосновых лесов и для расчета ресурсов древесной зелени.

**Обоснованность выводов и предложений.** Использование наибольше представлена на сегодня базы данных о фитомассе искусственных насаждений рода *Pinus* и современных методов автоматизированного статистического анализа, системный подход при содержательном анализе объектов исследования и интерпретации полученных результатов, реализация поставленных задач на уровне многофакторных регрессионных моделей, использование современной вычислительной техники и адекватных компьютерных программ определяют обоснованность приведенных в диссертации выводов и предложений.

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

**Апробация работы.** Основные результаты исследований доложены на научно-технической конференции студентов и аспирантов УГЛТУ, 2002; Четвертой Всероссийской научной internet-конференции, Тамбов, ТГУ, 2002; Третьей Всероссийской научно-технической конференции «Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях», Бийск, БТИ, 2002; Международной научно-практической конференции «Аэрокосмические методы в лесном комплексе», С.-Петербург, 2002; Международной научно-технической конференции «Лес-2002», Брянск, 2002; Международной научно-технической интернет-конференции «Актуальные проблемы экологии и ресурсосбережения», Брянск, 2002; 2-й Пущинской междунар. школы-семинара по экологии «Экология 2002: Эстафета поколений», Пущино, 2002; Международной научно-практической конференции «Казахстан в спектре экономических и социальных реформ», Кокшетав, 2002; Всероссийской научно-практической конференции «Химико-лесной комплекс – проблемы и решения», Красноярск, 2002; 6-й Пущинской школы-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века», Пущино, 2002; Международной научно-практической конференции «География и регион», Пермь, 2002; 2-й Международной конференции молодых ученых «Леса Евразии в XXI веке: Восток-Запад», Каменюки-Беловежа, Беларусь, 2002; Второй Международной конференции «Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий», Оренбург, ОГПУ, 2002.

**Публикации.** Основное содержание диссертации изложено в 15 печатных работах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 125 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и 3 приложений. Список использованной литературы включает 268 наименований, в том числе 98 иностранных. Текст иллюстрирован 21 таблицей и 35 рисунками.

## СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Род *Pinus* L. включает в себя около 100 видов, распространенных в умеренной зоне и горных областях субтропической зоны северного полушария. Разделение секций рода *Pinus* началось еще в юре, однако настоящая древесина сосен встречена только с верхнего мела (Криштофович, 1934). Сосна обыкновенная - *Pinus sylvestris* L. относится к видовому ряду *Sylvestres* двухвойного подвида *Pinus* (Бобров, 1978), является одной из наиболее распространенных пород в Северной Евразии и обладает наибольшей экологической амплитудой.

По мере продвижения с запада на восток условия произрастания для сосны в целом ухудшаются: если в южнотаежной подзоне северо-запада России спелые сосновки черничники в оптимальных условиях растут по I бонитету и имеют запас 400 м<sup>3</sup>/га (Пирогов, 1995), то в той же подзоне в Приангарье сосновки брусничники представлены древостоями III бонитета с запасом в спелом возрасте 300 м<sup>3</sup>/га, на Енисейском кряже они чаще всего относятся к IV бонитету с запасом 130-160 м<sup>3</sup>/га и в Забайкалье - к IV бонитету с запасом около 200 м<sup>3</sup>/га (Побединский, 1964). По широтному градиенту наибольшей производительностью сосны характеризуется зона лесостепи, к северу и югу от которой запасы древесины снижаются (Таран, 1973; Габеев, 1990).

Под категорией потенциальной продуктивности лесных экосистем А.И. Уткин (1975) понимает возможные размеры продукции органического вещества, определяемые гидротермическими условиями климата отдельных регионов. Проанализированы результаты оценки продукционного потенциала лесного покрова в иерархии соподчиненных уровней регулирования его продуктивности, по А. И. Бузыкину (1970, 1977), из которых рассмотрены два: климатический в пределах ареала вида и ценотический в пределах экотопа.

Если 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; Загородников, 1978; Зеланд и др., 1979; Тябера, 1988; Палуметс, 1988; Габеев, 1990; Усольцев, 1998), то в изменении продуктивности лесного покрова в меридиональном направлении имеется пока некоторая неопределенность, а иногда предлагаются и взаимоисключающие закономерности.

Карттирование потенциальной продуктивности лесных экосистем на региональном или планетарном уровнях на основе климатических показателей или их индексов обычно выполнялось путем экстраполяции на ту или иную территорию базовых зависимостей продуктивности лесных насаждений от названных показателей. При этом в качестве исходных показателей продуктивности принимались либо статистические данные лесоустройства в рамках действующей схемы лесопользования, либо таблицы

хода роста древостоев, либо фактические данные фитомассы лесных экосистем и их первичной продуктивности, полученные на пробных площадях (Weck, 1955; Paterson, 1956; Будыко, Ефимова, 1968; Лит, 1974, и др.).

При оценке верхних пределов продуктивности фитомассы насаждений установлено (Усольцев, 1985, 1998), что оптимальная траектория фитомассы не тождественна предельной: первой из них соответствует запас фитомассы, максимальный для данного возрастного диапазона в статике при соответствующих (оптимальных) густотах, а вторая при тех же густотах сдвинута в сторону больших запасов и больших классов возраста, характеризуя тем самым положение кривой (или полосы) самоизреживания и соответственно - верхний предел продуктивности. При теоретическом обосновании данного вывода (Кофман, Гуревич, 2001) показано наличие симметрии с «переменой ролей» независимой переменной (густоты) и параметра (возраста древостоя): при переходе из одной ортогональной плоскости в другую линия максимумов превращается в огибающую и, наоборот, огибающая – в линию максимумов.

Взаимосвязи в лесной экосистеме обычно более эффективно описываются с помощью не одной, а нескольких взаимозависимых характеристик. Математические зависимости, объединенные в единую логически непротиворечивую концепцию, образуют систему связанных уравнений, упорядоченных по рекурсивному принципу. В такой цепочки регрессионных уравнений зависимая предыдущего входит в последующее в качестве одной из независимых переменных.

Последнее уравнение цепочки является базовым и предназначено для оценки фитомассы по известным переменным. Показано (Усольцев, 1988, 1998), что чем больше основных массообразующих показателей (в пределах пяти) привлечено в нем в качестве статистически значимых независимых переменных, тем точнее оценка фитомассы. Подобное уравнение не может быть использовано как оценочное непосредственно, поскольку мы можем задать в нем только возраст, а соответствующие этому возрасту характеристики морфоструктуры древостоев остаются неизвестными. В зависимости от способа «плодачи» этих неизвестных В. А. Усольцевым (1998) разработано несколько вариантов применения оценочных уравнений фитомассы путем их совмещения а) с традиционными таблицами хода роста (ТХР) древостоев, б) с базами данных лесоустройства, в) с упорядоченными таксационными характеристиками древостоев пробных площадей и г) с предельными траекториями самоизреживания древостоев.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ И ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования структуры фитомассы культур сосновы выполнены на территории Билимбаевского лесхоза Свердловской области, входящей в

подзону южной тайги. Приведена краткая природная характеристика района исследования, описаны климат, рельеф и почвы, характеристика лесного фонда.

В ходе выполнения программы исследования заложены шесть постоянных пробных площадей на рубки ухода (прореживание) с разной интенсивностью изреживания. Две постоянные пробные площади заложены в чистых культурах сосны и четыре – в культурах с примесью главным образом березы в Первоуральском лесничестве в типах леса ягодниковом и разнотравном, их таксационная характеристика приведена в табл. 1 и 2. Возраст культур – 28-37 лет, почвы – бурые лесные оподзоленные свежие, дерново-среднеподзолистые.

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев ППП-1 и ППП-2, заложенных в чистых культурах сосны Первоуральского лесничества

Ин-декс-сек-ции	Интенсив-ность руб-ки, %	Число деревьев, шт./га	Сред-ний диаметр, см	Сред-няя вы-сота, м	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бони-тета	Сумма площа-дей сечений, м <sup>2</sup> /га	Относительная полнота
<b>ППП-1 Сосняк ягодниковый (до рубки)</b>								
A	-	2935	13,50	16,1	320,1	I	42,15	1,40
Б	-	2990	13,51	16,1	327,8	I	42,35	1,41
В	-	3015	13,50	16,1	322,6	I	42,30	1,41
Г	-	2980	13,51	16,1	327,2	I	42,25	1,41
<b>ППП-1 Сосняк ягодниковый (после рубки)</b>								
A	0	2935	13,50	16,1	320,1	I	42,15	1,40
Б	14,9	2095	14,75	16,7	272,7	I	35,80	1,19
В	24,6	1740	15,33	17,0	246,2	I	30,10	1,00
Г	35,7	1387	15,93	17,2	210,3	I	27,10	0,90
<b>ППП-2 Сосняк разнотравный (до рубки)</b>								
A	-	1451	16,40	16,6	246,7	I	29,73	0,99
Б	-	1394	16,48	16,6	242,1	I	29,67	0,99
В	-	1420	16,40	16,6	247,4	I	29,84	0,99
<b>ППП-2 Сосняк разнотравный (после рубки)</b>								
A	0	1415	16,40	16,6	246,7	I	29,73	0,99
Б	14,1	1140	15,58	16,9	208,1	I	24,60	0,81
В	24,2	990	16,92	17,0	189,1	I	22,21	0,73

В целях исследования влияния прореживания на морфологию полога и биопродуктивность лесных культур на рабочих секциях каждой ППП были произведены рубки различной интенсивности (табл. 1 и 2), а также

Таблица 2

Таксационная характеристика древостоев ППП, заложенных в Первоуральском лесничестве

Ин-декс-сек-ции	Интенсив-ность руб-ки, %	Возраст, лет	Состав по эле-ментам леса	Элементы леса			Высо-та, м	За-пас, м <sup>3</sup> /га	Ярус	Класс бони-тета
				Вы-сота, м	Диа-метр, см	Сумма площа-дей сечений, м <sup>2</sup> /га				
<b>ППП-3 Сосняк ягодниковый</b>										
A	0	28	9,7C	11,2	10,2	33,6	184	11,2	34,6	190 II
B	0	28	9,6C	10,1	8,2	1,0	6			
C	0	28	9,4B	7,8	5,8	31,7	168	10,7	32,9	1,14 174 II
D	0	28	9,5C	10,7	11,3	1,2	6			
E	0	28	0,5B	10,1	8,7	29,8	165	10,7	31,0	1,07 173 II
F	0	28	9,9C	11,0	10,0	1,2	8			
G	0	28	0,1B	8,5	7,6	36,7	199	11,0	37,2	1,27 202 II
<b>ППП-3 После рубки</b>										
A	15,5	28	9,9C	12,5	11,2	27,1	146	12,5	27,2	0,84 147 II
B	16,8	28	9,4C	11,7	12,3	6,5	0,1	1		
C	18,8	28	0,6B	13,8	13,2	23,8	135	11,8	25,0	0,82 144 II
D	18,8	28	9,9C	12,7	11,7	1,2	9			
E	18,8	28	0,1B	8,0	7,0	163	12,7	12,7	29,9	0,94 164 II

Продолжение таблицы 2

Ин-декс-секции	Интенсив-ность руб-ки, %	Возраст, лет	Состав по эле-ментам леса	Элементы леса			Высо-тас, м	Сумма площа-дай сечений, м <sup>2</sup> /га	За-пас, м <sup>3</sup> /га	Высо-та, м	Ярус		Класс бони-тета
				Диа-метр, см	площа-дай сечений, м <sup>2</sup> /га	абсо-лютная, м <sup>2</sup>					Полнота	Запас,	
<b>ППП-4</b>													
A	0	37	9,7C	14,3	12,3	31,4	219	14,3	32,9	0,97	227	II	
			0,3Б	15,0	15,9	1,5	8						
B	0	37	9,8C	14,3	12,3	40,4	288	14,3	41,2	1,21	294	II	
			0,2Б	14,2	12,2	0,8	6						
B	0	37	9,7C	14,3	12,3	38,9	278	14,3	39,9	1,17	285	II	
			0,3Б	14,2	12,6	1,0	7						
G	0	37	9,2C	14,4	12,2	37,6	269	14,5	40,3	1,17	291	II	
			0,8Б	15,0	17,3	2,7	22						
<b>После рубки</b>													
B	23,1	37	10C	15,2	14,2	29,6	226	15,2	29,6	0,84	226	I	
B	40,2	37	10C	16,4	15,6	22,1	119	16,4	22,1	0,60	119	I	
G	39,9	37	10C	16,2	15,5	22,4	175	16,2	22,4	0,62	175	I	
<b>ППП-5</b>													
<b>До рубки</b>													
A	0	25	9,5C	9,6	8,9	25,4	126	9,6	26,3	0,97	133	II	
			0,5Б	9,4	8,3	0,9	7						
B	0	25	9,1C	9,3	8,0	26,4	133	9,3	28,3	1,07	145	II	
			0,9Б	9,4	8,7	1,9	12						
<b>После рубки</b>													
B	9,7	25	9,1C	11,0	10,7	23,4	119	11,1	25,3	0,86	131	II	
B	10,5	25	10C	10,9	9,2	19,0	94	10,9	19,0	0,65	94	II	
<b>ППП-6</b>													
<b>До рубки</b>													
A	0	37	9,6C	16,7	16,4	34,7	290	16,5	36,1	0,99	301	I	
			0,4Б	12,7	11,3	1,4	11						
B	0	37	9,6C	16,3	15,6	40,0	333	16,5	41,7	1,14	348	I	
			0,4Б	17,1	14,9	1,7	15						
B	0	37	9,1C	16,1	15,2	44,0	366	16,4	47,9	1,32	399	I	
			0,8Б	17,1	16,9	3,4	28						
B			0,1Лц	18,6	19,6	0,5	5						
B	0	37	9,3C	16,3	15,6	41,3	344	16,5	44,2	1,21	370	I	
			0,5Б	18,0	16,5	2,2	20						
			0,2Лц	22,0	24,0	0,7	6						
<b>После рубки</b>													
B	16,3	37	9,5C	16,7	16,4	33,1	276	16,8	34,8	0,94	291	I	
			0,5Б	17,0	14,9	1,7	15						
B	23,0	37	9,3C	16,5	16,0	34,5	287	16,6	37,1	1,01	307	I	
B	26,7	37	9,3C	17,0	17,1	30,3	253	17,2	32,5	0,87	271	I	
			0,5Б	18,5	17,0	1,5	12						
			0,2Лц	22,0	24,0	0,7	6						

Ин-декс-секции	Интенсив-ность руб-ки, %	Возраст, лет	Состав по эле-ментам леса	Элементы леса			Высо-тас, м	Сумма площа-дай сечений, м <sup>2</sup> /га	За-пас, м <sup>3</sup> /га	Ярус		Класс бони-тета
				Диа-метр, см	площа-дай сечений, м <sup>2</sup> /га	абсо-лютная, м <sup>2</sup>				Полнота	Запас,	
<b>ППП-4</b>												
B	0	37	9,5C	16,7	16,4	33,1	276	16,8	34,8	0,94	291	I
			0,5Б	17,0	14,9	1,7	15					
B	0	37	9,3C	16,5	16,0	34,5	287	16,6	37,1	1,01	307	I
B	26,7	37	9,3C	17,0	17,1	30,3	253	17,2	32,5	0,87	271	I
			0,5Б	18,5	17,0	1,5	12					
			0,2Лц	22,0	24,0	0,7	6					
<b>ППП-5</b>												
<b>До рубки</b>												
A	0	25	9,9C	9,1	7,4	20,5	105	9,1	21,7	0,83	105	II
			0,1Б	12,5	12,0	0,2	-					
<b>После рубки</b>												
B	9,7	25	9,1C	11,0	10,7	23,4	119	11,1	25,3	0,86	131	II
B	10,5	25	10C	10,9	9,2	19,0	94	10,9	19,0	0,65	94	II
<b>ППП-6</b>												
<b>До рубки</b>												
A	0	37	9,6C	16,7	16,4	34,7	290	16,5	36,1	0,99	301	I
			0,4Б	12,7	11,3	1,4	11					
B	0	37	9,6C	16,3	15,6	40,0	333	16,5	41,7	1,14	348	I
			0,4Б	17,1	14,9	1,7	15					
B	0	37	9,1C	16,1	15,2	44,0	366	16,4	47,9	1,32	399	I
			0,8Б	17,1	16,9	3,4	28					
B			0,1Лц	18,6	19,6	0,5	5					
B	0	37	9,3C	16,3	15,6	41,3	344	16,5	44,2	1,21	370	I
			0,5Б	18,0	16,5	2,2	20					
			0,2Лц	22,0	24,0	0,7	6					
<b>После рубки</b>												
B	16,3	37	9,5C	16,7	16,4	33,1	276	16,8	34,8	0,94	291	I
			0,5Б	17,0	14,9	1,7	15					
B	23,0	37	9,3C	16,5	16,0	34,5	287	16,6	37,1	1,01	307	I
B	26,7	37	9,3C	17,0	17,1	30,3	253	17,2	32,5	0,87	271	I
			0,5Б	18,5	17,0	1,5	12					
			0,2Лц	22,0	24,0	0,7	6					

оставлены контрольные секции. При рубке в первую очередь удалены сухостойные и ослабленные деревья, находящиеся в нижней части полога, затем убирались деревья, мешающие росту лучших деревьев. Использование низового метода согласуется с предложениями большинства исследователей, разрабатывающих рекомендации по проведению рубок ухода в чистых сосновых насаждениях (Сеннов, 1977, и др.)

В работе предпринята попытка сделать общедоступной наибольшую часть фактических данных фитомассы, имеющихся в литературных источниках, и сформировать соответствующую базу данных для культур сосны в Северной Евразии. Она включает в себя 880 определений фракционного состава фитомассы, взятых из 100 литературных источников, в том числе: 800 – для *P. sylvestris* L. (провинции Средне-Европейская, Скандинавско-Русская, Восток Русской равнины, Уральская, Западно-Сибирская, Дальневосточная); 30 – для *P. nigra* Ait. (Средне-Европейская и Причерноморская провинции); 10 – для *P. pithyusa* Stev. (Причерноморская провинция); 4 – для *P. pinaster* (Sol.) Ait. (Причерноморская провинция); 5 – для *P. densiflora* S. et Z. (Япония); 10 – для *P. thunbergii* Parl. (Япония); 9 – *P. taeda* L. (Япония); 7 – для *P. elliottii* Engelm. (Япония) и единичные определения для *P. halepensis* Mill. (Кавказско-Малоазиатская провинция, Ирак) и *P. strobus* L. (Япония). Подавляющая часть экспериментальных данных (90 %) приходится на долю *P. sylvestris*. Экспериментальные данные после нанесения на схему зонально-провинциального деления (Базилевич, Родин, 1967; Курнаев, 1973; Смагин и др., 1978) распределены по 25 регионам.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Перед полевыми работами на основе маршрутного обследования районов исследований были подобраны участки насаждений для закладки пробных площадей. Пробные площади закладывались с учетом теоретических положений лесной таксации согласно ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные». Размеры пробных площадей устанавливали в соответствии с требованиями, предъявляемыми при изучении хода роста древостоев. Для закладки пробных площадей выбирали насаждения, наиболее однородные по всем таксационным показателям и условиям местопроизрастания. Во избежание опушечного эффекта они закладывались не ближе 20 м от просек, дорог, прогалин и других открытых участков.

На пробных площадях выполняли сплошной перечет деревьев по ступеням толщины без выделения подчиненной части. Сухостойные деревья учитывались отдельно. Общее число ступеней, как правило, колеблется в пределах 7 - 10.

Для определения фитомассы деревьев и древостоев взяты модельные деревья. Систематическая выборка их формируется в соответствии с рядом распределения деревьев по диаметру. Модельные деревья отбирались

средними по диаметру, высоте и размерам кроны для ступени толщины в пределах всего диапазона варьирования их диаметров на площади. Для анализа структуры надземной фитомассы в ходе исследования было срублено и обработано по 10 модельных деревьев на каждой пробной площади.

Модельные деревья брали в августе месяце после полного формирования хвои. После рубки измерялись длина дерева, протяженность бессучковой части, диаметр ствола у основания кроны. Ствол делили на секции длиной 1,0 или 2,0 м в зависимости от его размеров. На середине секций и на расстоянии 1,3 м от шейки корня определяли диаметры ствола в коре и без коры. В каждом сечении выпиливали шайбу, отделяли кору, взвешивали отдельно древесину и кору до и после сушки до абсолютно сухого состояния. Все отрубки ствола взвешивали. По полученным данным рассчитывали массу древесины и коры отрубков в свежем и сухом состоянии, общую массу и базисную плотность ствола. Возраст устанавливался по числу годичных слоев на пне.

После обрубки крону делили вдоль по стволу на три равных секции и каждую взвешивали с точностью 50 г на весах грузоподъемностью 10-20 кг. Затем секаторами отделяли древесную зелень – охвощенные побеги толщиной 0,4-0,8 см и оставшийся скелет кроны вновь взвешивали. Доля хвои в древесной зелени определялась по навескам, взятым в средней части каждой секции кроны, и по ним рассчитывалась масса хвои всего дерева. Регрессионным методом рассчитана фитомасса в свежесрубленном и абсолютно сухом состояниях на 1 га.

## СТРУКТУРА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В БИЛИМБАЕВСКОМ ЛЕСХОЗЕ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ В СВЯЗИ С РУБКАМИ УХОДА

На ППП-1 и ППП-2, заложенных соответственно в ягодниковом и разнотравном типах леса, проведены рубки различной интенсивности с целью выявления выхода древесной зелени, приходящейся на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины, в зависимости от степени изреживания. Данные выхода древесной зелени по пробным площадям (табл.3) показывают, что выход древесной зелени пропорционален интенсивности изреживания.

Анализ структуры фитомассы в культурах сосны с примесью бересы на остальных четырех пробных площадях в расчете на среднее дерево (табл. 4) показывает, что при интенсивности изреживания от 10 до 40 % доля хвои в надземной массе среднего дерева древостоя увеличивается на 25-73 %, или в среднем – на 45 %.

Таким образом, культуры сосны обыкновенной в условиях Билимбаевского лесхоза могут успешно создаваться в широком диапазоне почвенных условий и уже к 37-летнему возрасту формировать запас надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии от 123 до 217 т/га.

Таблица 3  
Выход древесной зелени при проведении прореживаний различной интенсивности

Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	Масса древесной зелени, т/га	Интенсивность изреживания, %	Вырубаемый запас, м <sup>3</sup> /га	Выход древесной зелени		Изымаемая масса древесной зелени, %
				с 1 га, т	с 1 м <sup>3</sup> , кг	
<b>ППП-1 Сосняк ягодниковый</b>						
327,8	19,4	14,9	50,2	2,01	40,01	10,4
322,6	18,7	24,6	76,46	4,00	52,34	21,4
327,2	19,1	35,7	113,2	6,20	55,20	32,5
<b>ППП-2 Сосняк разнотравный</b>						
242,1	15,6	14,1	33,94	2,30	68,06	14,8
247,4	16,0	24,2	57,56	4,20	69,73	26,3

Таблица 4  
Фитомасса среднего дерева сосны до и после проведения прореживания в абсолютно сухом состоянии

№ ППП	Индекс секции	Интенсивность рубки, %	Фитомасса общая, кг	В том числе					
				ствол	корона	хвоя			
<b>Сосняк ягодниковый</b>									
<b>До рубки</b>									
2	A	0	24,7	21,1	3,6	1,2			
	Б	0	34,2	28,7	5,5	1,9			
	С	0	31,4	26,3	5,1	1,7			
	Д	0	23,6	19,9	3,7	1,0			
<b>После рубки</b>									
2	Б	16,0	35,3	30,1	5,2	2,1			
	С	16,8	38,6	32,6	6,0	2,3			
	Д	18,8	32,5	27,6	4,9	1,6			
<b>До рубки</b>									
3	А	0	54,7	48,2	6,6	2,8			
	Б	0	47,0	41,5	5,5	2,1			
	С	0	47,2	41,6	5,6	2,2			
	Д	0	49,2	43,4	5,8	2,3			
<b>После рубки</b>									
3	Б	23,1	70,5	62,5	8,0	3,8			
	С	40,2	56,2	48,5	7,7	3,1			
	Д	39,9	78,4	67,9	10,5	4,5			

Окончание таблицы 4

№ ППП	Индекс секции	Интенсивность рубки, %	Фитомасса общая, кг	В том числе					
				ствол	корона	хвоя			
<b>Сосняк разнотравный</b>									
<b>До рубки</b>									
5	А	0	14,3	11,8	2,5	0,9			
	Б	0	18,5	15,0	3,5	1,2			
	С	0	11,4	9,3	2,1	0,7			
<b>После рубки</b>									
5	Б	9,7	27,4	22,0	5,4	1,9			
	С	10,5	18,0	15,2	2,8	1,1			
<b>До рубки</b>									
6	А	0	99,1	86,1	13,0	4,2			
	Б	0	90,0	78,3	11,7	3,3			
	С	0	88,9	77,8	11,1	3,0			
	Д	0	93,4	81,5	11,9	3,2			
<b>После рубки</b>									
6	Б	16,3	100,8	87,6	13,2	4,2			
	С	23,0	97,7	85,7	12,0	3,6			
	Д	26,7	111,3	97,0	14,3	4,2			

#### ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОМАССЫ КУЛЬТУР СОСНЫ ПО РЕГИОНАМ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

*Модели регионального распределения фитомассы культур.* Известно, что показатели биопродуктивности в пределах региона сильно варьируют в связи с различиями возраста, добротности произрастания и морфологии полога, анализируются не обезличенные совокупности наблюдений, а многофакторные уравнения, объясняющие изменчивость фитомассы в пределах региона посредством включенных в них переменных:

$$\ln(P_i/M) \text{ или } \ln P_i = f(\ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M), \quad (1)$$

где  $P_i$  - фитомасса  $i$ -й фракции ( $P_S, P_{SB}, P_F, P_B, P_R$  и  $P_U$  – соответственно стволов с корой, коры стволов, хвои, ветвей, корней и нижних ярусов растительности) в абсолютно сухом состоянии (т/га);  $D$  и  $H$  – соответственно средние диаметр (см) и высота древостоя (м);  $N$  – число стволов на 1 га, тыс. экз./га;  $M$  – запас, м<sup>3</sup>/га.

Все 25 регионов, упомянутые в главе 2, закодированы блоковыми «фиктивными» переменными  $X_0, \dots, X_{24}$  (Дрейпер, Смит, 1973), которые включены в уравнения (1) с целью установления степени отличия показателей фитомассы каждого региона от исходного, соответствующего куль-

турам сосны в подзоне хвойно-широколиственных лесов юга Швеции. Эти отличия характеризуются константами при блоковых фиктивных переменных соответствующих регионов в многофакторных уравнениях

$$\ln(P_i/M) \text{ или } \ln P_i = f(X_0, \dots, X_{24}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M). \quad (2)$$

Включенные в уравнения (2) переменные объясняют 71-98 % изменчивости фитомассы.

Для получения запасов фитомассы в том или ином регионе рассчитана цепочка взаимозависимых уравнений:

$$\begin{aligned} \ln H &= f(X_0, \dots, X_{24}, \ln A) \rightarrow \ln D = f(X_0, \dots, X_{24}, \ln A, \ln H) \rightarrow \\ \rightarrow \ln N &= f(X_0, \dots, X_{24}, \ln A, \ln H, \ln D) \rightarrow \ln M = f(X_0, \dots, X_{24}, \ln H, \ln D, \ln N). \end{aligned} \quad (3)$$

Независимые переменные уравнений (3) объясняют 90-95 % изменчивости массообразующих показателей и запаса стволов.

Последовательным табулированием рекурсивных систем уравнений (3) и (2) по задаваемым значениям возраста получены возрастные тренды всех массообразующих показателей и запасов фитомассы по фракциям (стволы, ветви, хвоя, корни, нижние ярусы) для каждого региона. Накопление запасов фитомассы стволов, ветвей, корней, а также надземной и общей фитомассы в культурах происходит на всем исследованном возрастном интервале, вплоть до 160 лет; максимум массы хвои приходится на возрастной диапазон 20-60 лет, после чего происходит ее постепенное снижение.

**География фитомассы спелых культур сосны, взятой из возрастных ее трендов.** На начальном этапе исследований биопродуктивности лесов фитомассу насаждений сравнивали локально по двум - трем регионам без учета "экологических фонов" сопоставляемых насаждений и без оценки достоверности различий. Даже в самых последних аналитических обзорах (напр., Jarvis et al., 2001) можно встретить утверждения, что количество фитомассы в лиственничниках и сосняках Сибири может быть близким к таковому в Европейской России, а в пределах Европейской России наибольшей фитомассой якобы характеризуется Уральский регион. Последнее противоречит фактическим показателям базы данных о фитомассе лесов Северной Евразии (Усольцев, 2001) и географии распределения ее нормативных показателей (Усольцев, 2002).

Из выше упомянутых возрастных трендов взяты показатели надземной и общей фитомассы для возраста 100 лет и проанализированы в связи с природной зональностью и континентальностью климата соответственно по зональному и провинциальному градиентам. Запасы фитомассы 100-летних культур сосны в пределах одного климатического региона различаются у разных видов: в Западной Европе общая фитомасса (т/га) у *P. nigra* (361) существенно выше, чем у *P. sylvestris* (293), в Причерноморской провинции у *P. pallasiana* и *P. pinaster* (439 и 450) значительно выше, чем у *P. pityosa* (323), в хвойно-широколиственной подзоне Японии у *P. thun-*

*bergii* (442) существенно выше, чем у *P. strobus* и *P. densiflora* (208 и 299), в субтропиках Японии *P. taeda* и *P. elliottii* характеризуются примерно одинаковыми общими запасами фитомассы (444 и 462).

По градиенту природной зональности запасы фитомассы в общих чертах соответствуют общей схеме профиля продуктивности (Лавренко и др., 1955). По широтному градиенту профиль продуктивности фитомассы оказался наиболее четко выражен в провинции Восток Русской равнины примерно по 50-му меридиану: по подзонам северной и средней тайги, зонам лесостепи и степи происходит постепенное увеличение запасов фитомассы (соответственно 163, 193, 252 и 310 т/га), а затем в Малой Азии происходит резкое ее снижение до 89 т/га.

В Скандинавско-Русской провинции фитомасса также закономерно увеличивается от средней тайги (163) до хвойно-широколиственной подзоны (324), затем в подзоне широколиственных лесов, в лесостепи и степи происходит ее снижение (соответственно 270, 204 и 210 т/га), а в горах Кавказа вновь возрастает до 323-450 т/га.

Региональный анализ распределения фитомассы лесов, взятой из возрастных ее трендов для возраста 100 лет, выполнен с использованием схемы изоконт, построенной по Ценкеру А.А. Борисовым (1967). Упомянутый анализ показал, что хорошо прослеживается синхронность изменения надземной и общей фитомассы с индексом континентальности *IC*. Связь надземной фитомассы (*P<sub>abo</sub>*, т/га) с *IC* (в процентах) описывается уравнением

$$\ln P_{abo} = -6,8508 + 7,3993 (\ln IC) - 1,0847 (\ln IC)^2 ; R^2 = 0,656 \quad (4)$$

$$\text{и общей фитомассы } (P_{tot}, \text{т/га})$$

$$\ln P_{tot} = -4,0346 + 6,0310 (\ln IC) - 0,9100 (\ln IC)^2 ; R^2 = 0,693, \quad (5)$$

которые действительны при *IC* > 35-40. Таким образом, индекс континентальности климата объясняет изменчивость надземной и общей фитомассы культур сосны соответственно на 66 и 69 %.

Результаты табулирования уравнений (4) и (5) показали, что по мере возрастания индекса континентальности от 40 до 90 % происходит последовательное снижение надземной и подземной фитомассы соответственно с 294 до 88 т/га и с 46 до 20 т/га, а отношение подземной фитомассы к надземной в исследованном диапазоне индекса континентальности, напротив, возрастает с 0,16 до 0,23.

**География фитомассы спелых культур сосны, взятой из региональных таблиц биопродуктивности.** По сравнению с полученными в предыдущей главе возрастными трендами фитомассы культур, имеющими в своей основе только данные пробных площадей, более надежную количественную основу для региональных расчетов биопродуктивности лесопокрытых площадей может дать стыковка регressive моделей (2) с региональными ТХР древостоев. Для большинства регионов Северной

Евразии составлено около 30 таблиц биологической продуктивности (ТБП) путем табулирования уравнений (2) по значениям  $A$ ,  $N$ ,  $H$ ,  $D$  и  $M$  таблиц хода роста (ТХР) культур при соответствующих значениях блоковых фиктивных переменных. Полученные ТБП в отличие от вышеупомянутых возрастных трендов фитомассы, отражают локальные особенности возрастной динамики насаждений.

Таблицы биопродуктивности представлены довольно широкими, но в то же время чрезвычайно различающимися по размаху диапазонами условий произрастания, выраженным либо классами бонитета, либо типами леса. Поскольку диапазон локальных флуктуаций производительности насаждений, опосредованный в региональных наборах ТБП классами бонитета или типами леса, превышает таковой, обусловленный индексом континентальности климата, все таблицы подразделяются на две категории соответственно двум уровням продуктивности: сравнительно лучших (I) и сравнительно худших (II) условий произрастания.

Из каждой категории ТБП взяты показатели надземной и общей фитомассы и описаны зависимостями вида (4)-(5) с коэффициентами детерминации  $0,38 \pm 0,70$ . Результаты их табулирования показывают, что по мере возрастания индекса континентальности от 30 до 90 происходит последовательное снижение нормативных показателей надземной фитомассы: для сравнительно лучших условий произрастания с 224 до 116 т/га, а для сравнительно худших – с 170 до 57 т/га, т.е. в 2-3 раза. Отношение показателей надземной фитомассы в сравнительно лучших условиях таковым в сравнительно худших увеличивается с ростом континентальности климата и составляет 1,3 при  $IC = 30$  и 2,0 при  $IC = 90$ .

Однако отношение подземной фитомассы к надземной в исследованном диапазоне индекса континентальности возрастает с 0,15-0,17 до 0,43-0,56.

**География предельных показателей фитомассы культур сосны по регионам Северной Евразии.** Для получения исходных данных к расчету предельных траекторий фитомассы все значения средних высот  $H$  насаждений распределены по каждому региону в двухходовые (по возрасту и густоте) матрицы, из каждой ячейки которых отобраны максимальные значения  $H_{max}$ . Их графический анализ показал, что зависимость  $\ln H_{max} = f(\ln A)$  отклоняется от «правила 3/2», являясь специфической для каждой возрастной группы. Получено уравнение вида

$$\ln H_{max} = f[X_0, \dots, X_{24}, \ln A, (\ln A)^2, \ln N, (\ln N)^2, (\ln N)(\ln A)], \quad (6)$$

объясняющее 97 % изменчивости максимальных значений высоты среднедревесного дерева древостоев. Уравнение (6) подставлено в цепочку рекурсивных уравнений (3) вместо первого ее звена (для  $H$ ) и полученная система протабулирована по задаваемым значениям  $A$  и  $N$  и далее – по регрессорам уравнений (2). Правые ветви полученных колоколообразных кривых для

массообразующих показателей и фракций фитомассы пересекаются и точки пересечения при  $\Delta A \rightarrow 0$  образуют огибающую кривую, которая является предельной для задаваемых густот  $N$  по условию самоизреживания и дифференцирована по регионам. Установлено, что предельные показатели фитомассы повышаются по мере снижения густоты и соответствующего увеличения возраста насаждения и достигают максимума по общей фитомассе при числе деревьев 500-900 на 1 га в возрасте 100 лет.

Предельные значения фитомассы разных фракций, снятые с региональных графиков и нанесенные на схему зонального и провинциального деления территории Северной Евразии показывают те же закономерности распределения фитомассы, что и средние значения, снятые с возрастных трендов и взятые из ТБП для возраста 100 лет: как и в предыдущих случаях, предельные показатели фитомассы снижаются по мере ужесточения климатических условий как в направлении с юга на север, так и в направлении к полюсу континентальности.

Связь предельных показателей надземной и общей фитомассы культур с индексом континентальности климата в пределах их распределения на территории Северной Евразии аппроксимирована уравнениями вида (4) и (5). Табулирование их показало, что предельные показатели надземной и подземной фитомассы снижаются по провинциальному градиенту в направлении к полюсу континентальности соответственно с 338 до 94 т/га и с 62 до 25 т/га, но отношение подземной фитомассы к надземной в диапазоне индексов континентальности 30-90% повышается с 0,18 до 0,27.

Таким образом, закономерности изменения надземной и подземной фитомассы культур сосны, а также их соотношений, по провинциальному градиенту примерно одинаковые как по предельным показателям, так и при расчете фитомассы только по данным пробных площадей и с использованием таблиц биопродуктивности.

## ВЫВОДЫ

1. Исследование выхода древесной зелени в культурах сосны показало, что при интенсивности изреживания 15% выход древесной зелени на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины в сосняке ягодниковом составляет 40,1 кг, а при интенсивности 25 % в тех же условиях – 52,3 кг. В сосняке разнотравном выход древесной зелени на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины больше и при интенсивности 16 % составляет 68,1 кг, а при интенсивности 25% – 69,7 кг.

2. Рубки ухода изменили соотношения различных фракций фитомассы в пологе лесных культур. Доля хвои в надземной фитомассе при интенсивности изреживания от 16 до 40 % увеличивается с 3,5-5,1 % до 3,9-5,7 %, т. е. в среднем на 11-19 %. При интенсивности изреживания 10 % называемое увеличение составило 5 %.

3. Изменение структуры надземной фитомассы после прореживаний в расчете на одно среднее дерево более наглядно, нежели в расчете на еди-

нице площади: при интенсивности изреживания от 10 до 40 % доля хвои в надземной массе среднего дерева древостоя увеличивается на 25-73 %, или в среднем – на 45 %.

4. Культуры сосны обыкновенной в условиях Билимбаевского лесхоза могут успешно создаваться в широком диапазоне почвенных условий и уже к 37-летнему возрасту формировать запас надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии от 123 до 217 т/га.

5. Сформированная база фактических данных о фитомассе культур дала возможность совместить дифференцированные по регионам регрессионные модели фитомассы как с возрастными трендами массообразующих показателей древостоев пробных площадей, так и со всеми региональными ТХР, и создать сводку из 30 нормативов для таксации фитомассы культур сосны, т.е. продублировать весь арсенал ТХР аналогичными таблицами биопродуктивности.

6. Впервые для искусственных фитоценозов Северной Евразии установлено статистически достоверное снижение запасов фитомассы культур сосны по провинциальному градиенту в связи с возрастанием континентальности климата, примерно одинаковое как по возрастным трендам фитомассы, полученным только по данным пробных площадей, так и по нормативным показателям таблиц биопродуктивности, составленным на основе ТХР.

7. Одно из фундаментальных положений теоретической биологии – правило 3/2 – впервые интерпретировано для культур сосны и найдена численно предельная (по условию самоизреживания) огибающая кривая фитомассы на уровне совокупности древостоев.

8. Применение разработанной методологии и полученных результатов в технологии ГУЛФ дает возможность оценить степень использования ресурсного потенциала на инвентаризируемых территориях, а использование изложенных результатов в расчетах углеродного цикла позволяет оценить потенциально возможный сток атмосферного углерода в культурах сосны, по крайней мере, его приходную часть.

9. Выполнено картирование потенциальной продуктивности лесных культур путем экстраполяции на тот или иной регион базовых зависимостей продуктивности лесных насаждений от массообразующих показателей по трем уровням: а) по материалам базы данных пробных площадей, заложенных в сомкнутых культурах, б) по данным таблиц биопродуктивности сомкнутых культур и в) по предельным траекториям массообразующих показателей, построенным по условию самоизреживания культур.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Усольцев В. А., Максимов С. В., Залесов С. В. Изменение фитомассы культур сосны по провинциальному градиенту Северной Евразии //

Научные труды. Вып. 2: Сб. / Урал. гос. лесотехн. ун-т.- Екатеринбург, 2002.- С. 10-13.

2. Усольцев В.А., Максимов С.В., Залесов С.В. Изменение фитомассы культур сосны по провинциальному градиенту Северной Евразии // Казахстан в спектре экономических и социальных реформ: Сб. научн. тр. Междунар. научно-практич. конференции.- Кокчетав, 2002. – С. 690-694.

3. Абрамова Л. П., Максимов С. В., Залесов А.С. Рост и надземная фитомасса предварительных и последующих лесных культур сосны обыкновенной // Экология: Наука, образование, воспитание.- Вып. 3.- Брянск: БГИТА, 2002.- С. 34-35.

4. Усольцев В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Крапивина О.А. Особенности оценки фитомассы лесов методом планирования пассивного эксперимента // Компьютерное и математическое моделирование в естественных и технических науках. Вып. 18: Четвертая Всероссийская научная интернет-конференция.- Тамбов: ТГУ, 2002.- С. 23-25.

5. Усольцев В.А., Азаренок В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Крапивина О.А., Петелина О.А. Климатически обусловленные закономерности распределения фитомассы евразийских лесов // Аэрокосмические методы в лесном комплексе: Матер. Междунар. научно-практич. конф.- СПб.: СПБЛТА, 2002.- С. 64-66.

6. Усольцев В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Крапивина О.А. Таблицы биопродуктивности сосновок и ельников Северной Евразии и их географический анализ // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. научн. тр.- Вып. 5.- Брянск: БГИТА, 2002.- С. 26-29.

7. Усольцев В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Крапивина О.А. География фитомассы лесообразующих видов Евразии // Матер. II Пущинской междунар. школы-семинара по экологии «Экология 2002: Эстафета поколений». - М.: МГУЛ, 2002. -С. 44-45.

8. Усольцев В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Петелина О.А., Крапивина О.А., Щукин А.В. О планировании пассивного эксперимента при оценке фитомассы лесов // Научные труды. Вып. 2: Сб. / Урал. гос. лесотехн. ун-т.- Екатеринбург, 2002.- С. 14-22.

9. Усольцев В.А., Азаренок В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Крапивина О.А., Петелина О.А. География фитомассы лесов Северной Евразии в связи с континентальностью климата // Матер. Междунар. научно-практич. конфер. «География и регион. V. Биогеография и биоразнообразие Прикамья».- Пермь: Пермский гос. ун-т, 2002. -С. 250-252.

10. Усольцев В.А., Марковский В.И., Максимов С.В., Крапивина О.А. База данных и география фитомассы еловых и сосновых лесов Евразии // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практич. конфер. Т. 1.- Красноярск: СибГТУ, 2002. – С 50-55.

11. Усольцев В.А., Марковский В.И., **Максимов С.В.**, Щукин А.В., Ефименко О.А., Петелина О.А. Фитомасса лесов Евразии и ее распределение по географическому градиенту // Матер. II Международной конфер. молодых ученых «Леса Евразии в XXI веке: Восток-Запад».- М.: Изд-во МГУЛ, 2002. -С. 75-76.

12. Усольцев В.А., Марковский В.И., **Максимов С.В.**, Петелина О.А. Опыт составления таблиц и география биопродуктивности сосняков и ельников Северной Евразии // Лесная таксация и лесоустройство: Междунар. научно-практич. журнал.- Красноярск: СибГТУ, 2002.- № 1(31).- С. 52-61

13. Усольцев В.А., Марковский В.И., **Максимов С.В.**, Щукин А.В., Ефименко О.А., Петелина О.А. Моделирование распределения фитомассы лесов по географическому градиенту // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: Межвузовский сб.- Бийск: Бийский технол. ин-т, 2002.- С. 7-11.

14. Усольцев В.А., **Максимов С.В.**, Петелина О.А. Биомасса некоторых видов *Pinus* в географическом аспекте // Матер. 2-й Международной конференции «Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий».- Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2002. С. 141-142.

15. Усольцев В. А., Петелина О.А., **Максимов С. В.** Таблицы биопродуктивности сосняков Северной Евразии и их география // Сб. материалов Международной научно-технической конференции «Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса».- Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. С. 306-307.

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ. Заказ №205. Тираж 100.