

УДК 630*182.5

© 1996 г. А. И. УТКИН, Д. Г. ЗАМОЛОДЧИКОВ, Т. А. ГУЛЬБЕ,
Я. И. ГУЛЬБЕ

АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ФИТОМАССЫ ПО ДАННЫМ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ, ЕЛИ, БЕРЕЗЫ И ОСИНЫ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ *

Приводятся уравнения аллометрии с целью по-деревного определения фракций фитомассы по линейным таксационным признакам деревьев: диаметру ствола на высоте груди и высоте дерева. Уравнения предназначены для оценки депонирования углерода при облесении земель в Вологде (ель, сосна, осина) и Саратове (сосна). Обсуждается проблема определения фитомассы российских лесов, использование методов аллометрии в частности.

Модельные деревья, база данных, фитомасса, фракции, аллометрические уравнения, сосна обыкновенная, ель европейская, береза, осина.

Ориентация лесного комплекса быв. СССР преимущественно на заготовку древесины обусловила односторонность сбора информации и ее представление в обобщенной форме при характеристике лесных ресурсов страны. Проблемы лесной экологии отодвигались в сторону (что, впрочем, имеет место и сейчас в России), оставались без должного внимания в системе управления лесного хозяйства. Экологические, в том числе и лесоведческие, вопросы в значительной мере игнорировались при разработке лесоустроительной инструкции и итоговых документов государственного учета лесов.

Поэтому в России пока что нет исходной ресурсно-экологической информации (прежде всего в форме нормативов и алгоритмов), которую можно было бы привлечь для прогнозирования динамики запасов древесины, фитомассы и накопленного в лесах углерода. Все это затрудняет корректное обсуждение многих проблем глобальной и региональной экологии. Прежде всего в связи с углеродным и азотным циклами в системе атмосфера — биота — педосфера. Между тем лесному покрову планеты в этих циклах отводится существенная стабилизирующая роль.

Состояние вопроса

Иначе обстоит дело за рубежом. В большинстве высокоразвитых стран (США, Канада, Япония и др.) с конца 60-х годов интенсивно ведется учет фитомассы отдельных насаждений и лесов природно-территориальных комплексов. Инвентаризация фитомассы проводится либо независимо от специфических задач лесоустройства (США, Канада), либо в тесной увязке с другими учетами лесов (Япония). В Северной Америке, где активно разрабатывались методы учета фитомассы, сейчас имеется множество нормативов (таблиц, аллометрических уравнений) для определения массы фракций деревьев и фитомассы древостоев, массы почвенного покрова, сухостоя, валежа и гумуса. Как правило, нормативы разработаны для крупных административных подразделений или отдельных лесорастительных регионов и далее по древесным породам. В пределах экорегионов,

* Исследование поддержано грантами РФФИ (95-04-11023) и ГНТП 18 «Глобальное изменение природной среды и климата» (проект «Изучение лесных экосистем»).

штатов и провинций были сформированы случайные выборки насаждений и модельных деревьев по их размерным таксационным показателям.

Полученная на основе нормативов информация используется при решении различных научных и практических задач. В первую очередь — для характеристики лесных биологических ресурсов и циклов углерода, определения запасов горючих материалов, при оценках направлений сукцессий и иных сторон лесообразовательного процесса.

Помимо текущей актуальности, информация о фитомассе лесов обеспечивает получение пригодных для сравнений результатов, ибо осуществляется на общих методических подходах в сборе материалов и их обработке. Последняя, как правило, основана на использовании регрессионных уравнений при выражении связей между некоторыми таксационными признаками деревьев (диаметр на высоте груди, высота, протяженность кроны, площадь сечения заболони стволов под кроной или на высоте груди и др.) и фитомассой разных фракций и частей деревьев: ствол (древесина и кора), ветви, корни, листва, генеративные органы, надземная часть, общая фитомасса.

Как виды уравнений (модели аппроксимации), так и выбор аргументов функций могут различаться. Но основной признается аллометрическая функция ($y = ax^b$). При логарифмировании она трансформируется в прямолинейную ($\lg y = \lg a + b \lg x$). При расчетах результатов на основе логарифмической функции необходимы специальные корректировочные процедуры, хотя последние обычно только в незначительной мере влияют на результаты.

Россия, как отмечалось выше, не располагает еще нормативной базой для учета фитомассы лесов, если не считать отдельных попыток работ в этом направлении [2, 3, 10] и многочисленных наработок по определению массы фракций крон деревьев в связи с проблемой «древесной зелени». Вряд ли такие нормативы можно будет получить даже в ближайшей перспективе, учитывая большое разнообразие лесообразующих пород и условий их произрастания, состава древостоев, их возрастной структуры и т. д. Необходимы либо поиски альтернативных подходов (например, с использованием дистанционных методов), либо мобилизация имеющейся информации для получения региональных нормативов, в том числе и методом аллометрии.

Существует два способа использования аллометрии в лесоведении и лесоводстве. В первом случае определяется фитомасса (Ph) фракций насаждений в зависимости от GH (G — сумма площадей сечений стволов, $m^2 \cdot ga^{-1}$, H — средняя высота древостоя, м). Мы считаем, что этот подход равнозначен использованию конверсионных коэффициентов как отношений фитомассы к запасам [8, 15, 17], хотя в ином выражении. Здесь в качестве аргумента берется простой цилиндр GH вместо видового цилиндра GHF (F — видовое число), который соответствует объемному запасу древесины насаждения. Имеет смысл поэтому сопоставить результаты определения фитомассы получаемые при использовании конверсионных коэффициентов и регрессии $Ph = a(GH)^b$.

Второй способ относится к аллометрии на уровне отдельных деревьев. Здесь аппроксимируется масса фракций деревьев от линейных размеров последних: $y = a(d^2h)^b$, где d — диаметр ствола на высоте груди, см, h — высота дерева, м. Нередко аллометрическая функция используется в модифицированном виде, а именно с самостоятельными коэффициентами для d и h . В этом случае уравнение регрессии принимает выражение: $y = a \cdot d^b h^c$. Используются, хотя и редко, также уравнения квадратической и кубической параболы.

Аргумент функций d^2h иногда упрощают до одного d , что вполне правомерно для однородных по высоте деревьев выборок, т. е. насаждений одинаковых классов бонитета, сходных типов развития. Введение показателя высоты в d^2h как бы сглаживает неоднородность выборки модельных деревьев из насаждений разных классов бонитета. В этом случае деревья с одинаковыми d^2h могут различаться по фитомассе из-за ранговой дифференциации, т. е. по классам роста, или из-за

возраста особей. Для подроста и кустарников в качестве аргумента функций используется нередко только показатель h .

С целью оценки углеродного кредита посредством облесения земель в двух пунктах — Вологде и Саратове (российско-американский проект по облесению), нами получены системы аллометрических уравнений для основных лесообразующих пород в вариантах естественного формирования леса (Вологда) и искусственного лесовосстановления сосны на гари (Саратов)¹.

Материалы и методы

Создание базы данных для аллометрических уравнений представляет определенные трудности, поскольку в России при изучении биопродуктивности лесов использовались в основном методы среднего модельного дерева. К тому же и эти немногочисленные сведения о фитомассе модельных деревьев обычно не публиковались. Исходной информацией для базы данных послужили: архивные материалы о модельных деревьях, взятых при изучении в 1975—1995 гг. фитомассы и годичной продукции лесов в разных районах европейской части России многими исполнителями под руководством А. И. Уткина [4—6]. Вместе с материалами для тонкомера подроста и кустарников на их долю приходится более 70% исходной информации. Из остальной наиболее представительны материалы В. В. Смирнова [12—14], в том числе и опубликованные им в журнале «Растительные ресурсы», а также хранящиеся в его архиве в Институте лесоведения РАН. Менее значительная доля пришлась на информацию из публикаций других авторов [1, 7, 9, 11, 16]. К. С. Бобкова, Ю. Н. Салмина и В. В. Мамаев передали нам, за что мы им очень благодарны, свои архивные материалы о модельных деревьях соответственно ели и березы из средней тайги Коми республики, ели из Подмосковья и сосны из Угличского р-на Ярославской обл.

Учитывая более интенсивный по сравнению с естественными древостоями рост искусственных насаждений до 50—60-летнего возраста, в базу по Вологде включены данные модельных деревьев из подзоны южной тайги и смешанных лесов, вплоть до Московской обл. Из общего числа модельных деревьев (с тонкомером и подростом более 1200 шт.) на базу данных для Саратова приходится лишь 80 деревьев (~7%). Географическое положение пунктов, в которых были взяты модельные деревья, показано на рисунке.

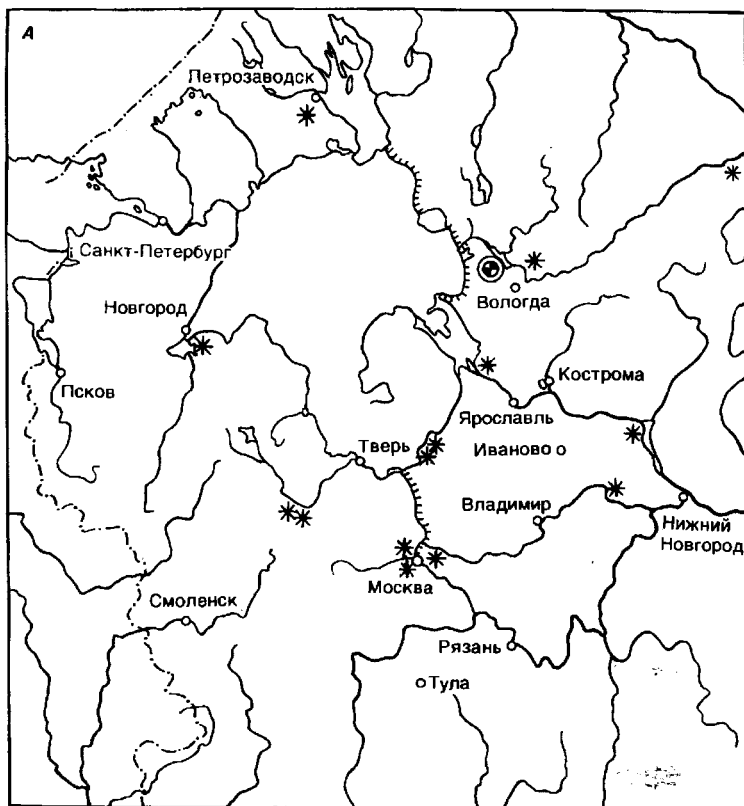
Число насаждений и амплитуда их возраста для разных древесных пород (без подроста и тонкомера) характеризовались следующим распределением:

Древесная порода	Ель	Сосна	Береза	Осина	Сосна(юг)
Число насаждений	33	39	23	16	8
Возраст насаждений (от ... до), лет	18—130	10—80	6—85	9—85	10-75

Для подроста сосны, березы и осины использовали данные модельных особей из молодняков, для подроста и тонкомера ели, а также для кустарников, — из-под полога березовых, осиновых и сероольховых насаждений, в меньшей мере сосновых и еловых.

База данных для модельных деревьев имеет следующую структуру: а) дендрометрические показатели конкретных деревьев (диаметр, высота общая, d^2h , высота начала кроны, объемы ствола в коре и без коры, текущий годичный прирост древесины), б) масса фракций тех же деревьев (стволов в коре и без коры, ветвей + побегов, листвы, кроны, надземной части, корней, общая), в) местополо-

¹ Обязанности членов авторского коллектива распределились следующим образом: Т. А. Гульбе и Я. И. Гульбе создавали базу данных модельных деревьев, Д. Г. Замолодчиков формировал базу и осуществлял весь комплекс расчетных работ, А. И. Уткин руководил всей работой, участвовал в создании базы данных и компоновал рукопись статьи.



-  1
-  2

Расположение пунктов проектирования облесения (1) в Вологде (А) и Саратове (Б) и местонахождение насаждений (2), модельные деревья из которых были использованы для создания базы данных о фитомассе деревьев

жения насаждений (географическое и координаты), г) таксационная характеристика насаждений, в которых были взяты модельные деревья.

База состоит из пяти файлов для следующих пород: ели (235 записей), сосны (315), сосны из южных районов (80), березы (228), осины (142 записи). Дополнительный (6-й) файл касается тонкомера и подроста древесных пород, кустарников из подлеска и отличается сокращенной структурой: высота, масса ствола, ветвей + побегов, надземной части древесных фракций, листьев, для сосны и березы кроме того корней и общей массы. В ряде случаев массу листвы подроста и кустарников нужно определять расчетно — по разности между «общей надземной» и «древес-

Аллометрические уравнения для массы фракций (y , кг абсолютно сухого веса) ели, сосны (двух районов отдельно), березы и осины в зависимости от диаметра на 1,3 м (d , см) и высоты (h , м) деревьев

Фракция фитомассы	Диапазон диаметров (от ... до), см	Число модельных деревьев, шт.	Коэффициенты регрессионных уравнений						
			$y = a(d^2h)^b$			$y = a \cdot d^b h^c$			
			a	b	R^2	a	b	c	R^2
Ель европейская									
Ствол	0,5—52	235	0,0420	0,8958	0,982	0,0442	1,8092	0,8618	0,982
Ветви	0,5—52	231	0,0022	1,0087	0,925	0,0203	2,6514	-0,3337	0,949
Листва	0,5—52	231	0,0233	0,7211	0,879	0,0803	2,0941	-0,3486	0,905
Крона	0,5—52	230	0,0105	0,9010	0,921	0,0699	2,4712	-0,3868	0,948
Надземная часть	0,5—52	222	0,0533	0,8955	0,981	0,0842	1,9443	0,5941	0,982
Корни	1—32	62	0,0239	0,8408	0,924	0,0386	2,5377	-0,1832	0,955
Общая	1—32	48	0,1237	0,8332	0,986	0,1449	1,8246	0,6231	0,988
Сосна обыкновенная (северный район)									
Ствол	1—34	315	0,0304	0,9231	0,972	0,0219	1,5923	1,2943	0,979
Ветви	1—34	315	0,0047	0,8959	0,775	0,0165	2,7352	-0,5104	0,864
Листва	1—34	315	0,0226	0,6249	0,695	0,0639	2,0764	-0,5824	0,793
Крона	1—34	315	0,0139	0,8143	0,774	0,0465	2,5379	-0,5367	0,867
Надземная часть	1—34	315	0,0410	0,9076	0,976	0,0374	1,7459	1,0096	0,976
Корни	1—32	40	0,0144	0,8569	0,976	0,0060	1,4615	1,4390	0,979
Общая	1—32	40	0,1036	0,8332	0,973	0,0427	1,4040	1,4288	0,976

Сосна обыкновенная (южный район)

Ствол	2—39	80	0,0218	0,9652	0,988	0,0101	1,6941	1,4530	0,990
Ветви	2—39	80	0,0002	1,2298	0,921	0,0080	3,4932	—1,0175	0,957
Листва	2—39	80	0,0043	0,8164	0,875	0,0329	2,4914	—0,7262	0,931
Крона	2—39	80	0,0010	1,1028	0,929	0,0224	3,1758	—0,9079	0,970
Надземная часть	2—39	80	0,0217	0,9817	0,989	0,0191	1,9249	1,0613	0,989

Береза (повислая и пушистая вместе)

Ствол	0,2—72	217	0,5621	0,6323	0,901	0,0038	0,9349	2,5439	0,949
Ветви	0,2—72	216	0,0257	0,7621	0,789	0,0008	1,3637	2,0000	0,799
Листва	0,2—72	216	0,0200	0,5887	0,813	0,0167	1,1625	0,6615	0,813
Крона	0,2—72	216	0,0358	0,7422	0,798	0,0018	1,3372	1,8351	0,807
Надземная часть	0,2—72	216	0,5443	0,6527	0,889	0,0054	1,0221	2,3905	0,926
Корни	1—19	21	0,0387	0,7281	0,950	0,0607	2,6748	—0,5610	0,995
Общая	1—19	21	0,0557	0,9031	0,988	0,0562	2,3501	0,3932	0,993

Осина

Ствол	1—35	142	0,0179	0,9850	0,994	0,0046	1,7325	1,6526	0,995
Ветви	1—35	142	0,0015	1,0439	0,907	0,0140	2,4855	—0,0675	0,911
Листва	1—35	142	0,0069	0,6869	0,827	0,0411	1,8706	—0,3812	0,836
Крона	1—35	142	0,0029	0,9893	0,901	0,0312	2,4247	—0,2127	0,905
Надземная часть	1—35	142	0,0208	0,9856	0,994	0,0102	1,8450	1,3386	0,994
Корни	1—12	12	0,0145	0,8749	0,977	0,0307	2,4427	—0,0708	0,998
Общая	1—12	12	0,0968	0,8070	0,987	0,1462	1,9715	0,3096	0,993

ной надземной», а массу ветвей по разности фракций «надземная древесная» и «ствол».

Поиски коэффициентов регрессионных уравнений для перечисленных фракций фитомассы (Ph , кг абсолютно сухого вещества) проводили в зависимости от диаметра (d , см) и высоты (h , м) с использованием следующих видов уравнений: а) для деревьев из древесного яруса

$$Ph = a(d^2h)^b, \quad (1)$$

$$Ph = a \cdot d^b h^c; \quad (2)$$

б) для тонкомера, подроста и кустарников

$$Ph = a \cdot h^b. \quad (3)$$

Использовали при этом процедуры нелинейной регрессии статистического пакета SYSTAT (квази-ньютоновский метод минимизации, минимизационная функция — сумма квадратов отклонений).

Результаты и обсуждение

Найденные коэффициенты регрессионных уравнений (1) и (2) для всех четырех древесных пород приведены в табл. 1, для тонкомера, подроста и кустарников по уравнению (3) — в табл. 2.

Судя по величинам коэффициентов детерминации (R^2), точность аппроксимации выборок имеющегося фактического материала уравнениями (1) и (2) для всех древесных пород почти одинакова (табл. 1), хотя и с незначительным преимуществом уравнения (2). Показатель степени для d в уравнении (2) в большинстве случаев варьирует в пределах 1,5 ... 2,5, т. е. близок к жестко заданному значению диаметра в уравнении (1). Увеличение показателя степени для d отмечается у фракций фитомассы «ветви» и «крона» у сосны обеих выборок. Последнее связано, очевидно, со светолюбием этой породы. Поэтому у сосны довольно рано (с 50—60 лет) замедляется очищение стволов от сучьев. Нижние ветви в кронах старых сосен начинают выполнять поэтому не только акцепторные функции, но и аккумулятивные, свойственные у деревьев в большей мере стволам.

Для своих дальнейших расчетов мы отдали предпочтение уравнению (1), руководствуясь его преимущественным использованием при определении запасов фитомассы, а следовательно, и удобством при сравнении результатов разных авторов.

Аппроксимация фракций фитомассы тонкомера, подроста и кустарников в зависимости от высоты по уравнению (3) дает в целом удовлетворительные результаты (величина R^2 на уровне $0,7 \div 0,9$). Ниже всего точность аппроксимации отмечается для сосны из обоих районов и для осины (R^2 на уровне $0,5 \div 0,6$). Это может быть обусловлено как несбалансированностью роста в высоту и по диаметру у сосны в молодняках, так и сильной дифференциацией по росту и габитусу молодой осины, возобновляющейся вегетативным путем. Хуже всего аппроксимация получена для массы корней сосны, березы и осины (R^2 $0,205 \div 0,542$) при использовании данных о массе корней, определяемой взрывным способом [9]. Поскольку вклад подроста и подлеска в общую фитомассу лесных сообществ не бывает обычно значительным, то полученные уравнения могут, на наш взгляд, успешно использоваться при расчетах запасов фитомассы.

Коэффициенты аллометрических уравнений табл. 1 и 2 нельзя считать строго детерминированными на уровне породы, поскольку имеет значение и исходная информация выборок, вовлекаемых в процедуру выравнивания. В созданной нами базе данных всем выборкам свойственно преобладание числа модельных деревьев из молодняков и средневозрастных насаждений и меньшее их представительство из насаждений старших классов возраста. Можно поэтому допустить меньшую адекватность аппроксимации в правой, т. е. наиболее крупномерной, части распределения деревьев имевшихся выборок по R^2 . Но для наших целей — оценки

Аллометрические уравнения для определения массы фракций (y , кг абсолютно сухого веса) подроста, тонкомера древесных пород, побегов кустарников в зависимости от их высоты (h , м)

Древесно-кустарниковая порода	Фракция фитомассы	Диапазон высот (от ... до), м	Число модельных особей и побегов, шт.	Коэффициенты уравнений $y = a \cdot h^b$		
				a	b	R^2
Ель европейская	Ствол	0,8—11,5	59	0,0858	2,0326	0,936
	Ветви	0,8—11,5	59	0,1352	1,4244	0,579
	Хвоя	0,8—11,5	59	0,1134	1,5018	0,694
	Надземная древесная » часть	0,8—11,5	59	0,2081	1,7756	0,839
Сосна обыкновенная (северный район)	Ствол	2,0—10,0	53	0,0866	1,7812	0,586
	Надземная древесная » часть	2,0—10,0	53	0,1410	1,5935	0,521
	Корни	2,2—7,1	14	0,0030	2,6807	0,542
	Общая	2,2—7,1	14	0,0802	1,9142	0,435
	Надземная древесная » часть	2,0—10,0	53	0,2169	1,4172	0,449
Сосна обыкновенная (южный район)	Ствол	2,6—7,1	10	0,2161	1,3058	0,698
	Надземная древесная » часть	2,6—7,1	10	0,3735	1,0801	0,581
	Общая	2,6—7,1	10	0,6448	0,8595	0,430
Береза	Ствол	1,5—11,9	99	0,0264	2,2684	0,804
	Надземная древесная » часть	1,5—11,9	98	0,0388	2,1373	0,754
	Корни	3,1—10,8	9	0,0356	1,4149	0,205
	Общая	3,1—10,8	9	0,1561	1,6129	0,377
	Надземная древесная » часть	1,5—11,9	98	0,0489	2,0529	0,788
Осина	Ствол	2,7—9,0	40	0,0135	2,5486	0,659
	Надземная древесная » часть	2,7—9,0	40	0,0204	2,4008	0,561
	Корни	2,7—8,1	6	0,0747	1,2262	0,309
	Общая	2,7—8,1	6	0,3162	1,2762	0,335
	Надземная древесная » часть	2,7—9,0	40	0,0264	2,2978	0,521
Лещина	Надземная древесная	0,2—4,5	31	0,0665	1,8775	0,911
	Листва	0,2—4,5	31	0,0114	1,3714	0,888
	Надземная часть	0,2—4,5	31	0,0768	1,8329	0,920
Жимолость обыкновенная	Надземная древесная	0,2—1,3	11	0,0544	1,9326	0,929
	Листва	0,2—1,3	11	0,0053	2,0581	0,883
	Надземная часть	0,2—1,3	11	0,0597	1,9419	0,930
Крушина ломкая	Надземная древесная	0,1—3,2	9	0,0137	1,4805	0,983
	Листва	0,1—3,2	9	0,0020	1,2856	0,923
	Надземная часть	0,1—3,2	9	0,0157	1,4600	0,983

Древесно-кустарниковая порода	Фракция фитомассы	Диапазон высот (от ... до), м	Число модельных особей и побегов, шт.	Коэффициент уравнений $y = a \cdot h^b$		
				a	b	R^2
Бересклет бородавчатый	Надземная древесная	0,1—1,3	8	0,0179	2,8026	0,951
	Листва	0,1—1,3	8	0,0014	1,0499	0,691
	Надземная часть	0,1—1,3	8	0,0195	2,6069	0,954
Калина обыкновенная	Надземная древесная	0,2—2,0	5	0,0240	2,7603	1,000
	Листва	0,2—2,0	5	0,0048	1,9840	1,000
	Надземная часть	0,2—2,0	5	0,0294	2,6318	1,000
Рябина	Надземная древесная	0,2—6,7	13	0,0521	1,6344	0,889
	Листва	0,2—6,7	13	0,0065	1,6122	0,910
	Надземная часть	0,2—6,7	13	0,0586	1,6318	0,911
Черемуха	Надземная древесная	2,1—8,9	14	0,0145	2,7835	0,832
	Листва	2,1—8,9	14	0,0035	1,9469	0,707
	Надземная часть	2,1—8,9	14	0,0168	2,7304	0,829
Можжевельник обыкновенный	Надземная древесная	0,8—1,4	6	0,2874	1,1713	0,869
	Листва	0,8—1,4	6	0,1442	0,7049	0,919
	Надземная часть	0,8—1,4	6	0,4316	1,0244	0,890

депонирования углерода вновь создаваемыми насаждениями — последнее вряд ли должно иметь большое значение, так как в расчеты будут вовлекаться преимущественно более углерододепонирующие молодые (до 50—60 лет) насаждения.

Применение аллометрических уравнений (табл. 1 и 2) для оценки фитомассы в пределах очерченных эколого-географических районов возможно во всех случаях, если для пробных площадей имеются: а) распределение числа деревьев по диаметру (т. е. перечеты по ступеням толщины), б) график высот, выражающий зависимость высоты деревьев от их диаметра, в) распределения численности подроста и кустарников по классам (группам) высоты.

Расчеты очень просты: сначала для каждой ступени толщины вычисляется d^2h , затем для одного дерева каждой ступени по уравнениям табл. 1 рассчитывается фитомасса фракций; умножением этих данных на число деревьев ступени и последующим суммированием определяются показатели фракций фитомассы для пробной площади; наконец, осуществляется перерасчет данных на 1 га. В смешанных насаждениях аналогичные расчеты ведутся раздельно для каждой древесной породы.

Самым трудоемким звеном в методике по-деревной аллометрии остается работа на пробной площади: перечет древостоя по ступеням толщины, замеры высот деревьев, учет подроста и подлеска. Поскольку конечная цель таких исследований — оценка запасов фитомассы не столько отдельно взятых насаждений, сколько их серий из нескольких участков, то придется закладывать достаточно много (в пределах 20—50) пробных площадей в насаждениях, различающихся составом пород, их возрастом, классами бонитета, чтобы охватить всю гамму возможных типов развития создаваемых насаждений.

Метод определения запасов фитомассы, а на ее основе и углерода, базирующийся на по-деревной аллометрии, может найти широкое использование в научных и проектных работах. Располагая материалами перечислительной таксации на пробных площадях, заложенных в разных районах, можно достаточно быстро получить представление об экологическом потенциале местных лесов, включая их углероддепонировующие возможности.

Преимущества метода по-деревной аллометрии перед другими, базирующимися на использовании таксационных показателей насаждений методами, обусловлены ее более высокой точностью за счет перечислительной таксации. Таксационные же показатели насаждений не всегда определяются по данным пробных площадей с использованием инструментальных способов; при лесоустроительных работах вообще глазомерно или при дешифрировании аэрофотоснимков. Метод по-деревной аллометрии широкое и быстрое применение должен найти в научных исследованиях.

Необходимо, на наш взгляд, провести сравнительный анализ результатов, получаемых при оценке запасов фитомассы следующими методами: 1) по-деревной аллометрии, 2) аллометрии насаждений через GH , 3) конверсионных коэффициентов в виде: а) отношений фитомасса/запас, б) регрессий связи фитомассы с запасом (с анализом остаточных дисперсий), 4) по появившимся в различных лесотаксационных справочниках таблицам для таксации фитомассы. Сравнение методов позволит выбрать из них наиболее простые для определения фитомассы насаждений, в том числе и по данным государственного учета лесов, а также наметить пути дальнейших поисков в этом направлении.

В период Международной биологической программы (начало 60-х — середина 70-х годов) и позднее в России при исследованиях биологической продуктивности лесов чуть ли не повсеместно применялась методика среднего модельного дерева. В этом случае на пробной площади брали максимум 3—5 модельных деревьев. Тем не менее в институтах и других организациях имеется значительная количественная информация по фитомассе отдельных деревьев разных пород. Это касается, в частности, районов европейского Севера, Западной и Восточной Сибири, юга и севера Дальнего Востока.

Крайне важно, чтобы информация не пропала и была востребована. Наилучшим выходом нам представляется объединение на региональной основе владельцев информации в творческие коллективы и создание сначала баз данных, а затем нормативов для таксации фитомассы лесов России.

Заключение. Поскольку время для сбора исходных материалов для таксации фитомассы лесов России упущено, следует обратить особое внимание на информацию, имеющуюся и хранящуюся в архивах непосредственных исполнителей работ. Такими, полезными для разработки нормативов на базе по-деревной аллометрии являются базы данных модельных деревьев, взятых при изучении биопроductивности лесов. Хотелось бы надеяться, что опыт выполненной в настоящей статье работы будет продолжен. Следует обратить внимание и на обоснование других методов таксации фитомассы в российских лесах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. А., Гортинский Г. Б., Карпов В. Г. Методы исследования [первичной продуктивности еловых лесов] // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л.: Наука, 1973. С. 92—99.
2. Алексеев В. И., Уткин А. И. Таблицы массы фракций деревьев главнейших лесообразующих пород: сосны, ели, березы и осины // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. М.: Наука, 1982. С. 237—240, 256—280 (приложения).
3. Бабурин А. А., Петропавловский Б. С., Суханов В. В. Предварительные таблицы фитомассы древесных пород Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ, Тихоокеанский ин-т географии, 1982. 27 с.
4. Анализ продукционной структуры древостоев / Под ред. Вомперского С. Э. и Уткина А. И. М.: Наука, 1988. 240 с.
5. Биологическая продуктивность лесов Поволжья / Под ред. Вомперского С. Э. М.: Наука, 1982. 283 с.
6. Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах / Под ред. Вомперского С. Э. и Уткина А. И. М.: Наука, 1986. 262 с.

7. Дылис Н. В., Носова Л. М. Фитомасса лесных биогеоценозов Подмосковья. М.: Наука, 1977. 144 с.
8. Исаев А. С., Коровин Г. Н., Уткин А. И. и др. Оценка запасов и годовичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России//Лесоведение. 1993. № 6. С. 3—10.
9. Поликарпов Н. П. Формирование сосновых молодняков на концентрированных вырубках. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 170 с.
10. Полищук А. П. Эксплуатационные показатели деревьев и древостоев лесного фонда СССР. Химки: ЦНИИМЭ, 1968. 59 с.
11. Ремезов Н. П., Быкова Л. Н., Смирнова К. М. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ. 1959. 284 с.
12. Смирнов В. В. Облиственные и вес надземных частей деревьев в березовых древостоях подзоны хвойно-широколиственных лесов// (Сообщения Лаборатории лесоведения АН СССР. 1961. Вып. 4. С. 86—97.
13. Смирнов В. В. Изменение сырораствующей органической массы в еловых и елово-лиственных древостоях средней тайги в связи с их возрастом//Тр. Ин-та леса и древесины СО АН СССР. 1962. Т. 53. С. 103—120.
14. Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. М.: Наука, 1971. 362 с.
15. Углерод в экосистемах лесов и болот России/Под ред. Алексеева В. А. и Бердси Р. А. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1994 (1995). 224 с.
16. Щербаков Н. М., Зайцева Н. Л. Биометрическая характеристика спелых ельников юга Карелии//Лесн. растителън. ресурсы Южной Карелии. Петрозаводск: Карелия, 1971. С. 22—40.
17. Isaev A., Korovin G., Zamolodchikov D. et al. Carbon stok and deposition in phytomass of the Russian forests//Water, Air and Soil Pollution. 1995. V. 82. № 1—2. P. 247—256.

Институт лесоведения РАН,
Успенское, Московская обл.

Поступила в редакцию
28.06.1996

Центр по проблемам экологии и
продуктивности лесов РАН,
Москва

A. I. UTKIN, D. G. ZAMOLODCHIKOV, T. A. GUL'BE, Ya. I. GUL'BE

ALLOMETRIC EQUATIONS FOR PHYTOMASS BASED ON THE DATA ON PINE, SPRUCE, BIRCH AND ASPEN TREES IN EUROPEAN RUSSIA

While studying carbon deposits due to afforestation (projects in Vologda and Saratov), allometric equations for pine, spruce, birch and aspen trees (Vologda) and only for pine tree (Saratov) have been developed. On the whole, the data on phytomass of over one thousand of model trees were used. The equations of regression of two types have been calculated for the mass of stems, branches, leafage, roots as well as for the above-ground and total phytomasses: $y = a(d^2h)^b(1)$, $y = a \cdot d^b \cdot h^c(2)$, where y — mass of fractions, kg of absolutely dry mass; d — stem diameter at breast height, cm; h — tree height, m. In both regions the equations will be used for assessing the phytomass (carbon) stock according to the data of sample plots placing in forest management. Testing the accuracy of estimates is planned using the allometric equations and conversion coefficients calculated by the ratio phytomass/stem wood volume.