

## ПУЛЫ УГЛЕРОДА ФИТОМАССЫ И ПОЧВ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ РОССИИ

© А.И.Уткин<sup>1,2</sup>, Д.Г.Замолодчиков<sup>2</sup>, О.В.Честных<sup>2</sup> УДК 630\*516/518:630\*182.5:582.475.2/(470)

<sup>1</sup> Институт лесоведения РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup> Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия

Исследование выполнялось при поддержке РФФИ (00-04-48036 и 03-04-48097).

В лесном фонде России (95% общей площади лесов) сосняки занимают  $115 \times 10^6$  га. Большая их доля сосредоточена в европейской части страны и в южных районах Сибири. Запасы древесины сосняков равны  $\sim 15 \times 10^9$  м<sup>3</sup>, фитомасса всех фракций  $11.1 \times 10^9$  т. За период 1993-1998 гг. в Иркутской обл., Красноярском крае и в Республике Саха (Якутия) имело место понижение древесных запасов в пределах 16-46%, а фитомассы – 12-25%. Причина этого вряд ли связана с лесными пожарами и рубками, поскольку площади сосняков остались прежними. Скорее всего изменения коснулись результатов инвентаризации лесов. Пул  $C_{\text{phytomass}}$  сосняков за тот же период увеличился на  $\sim 67 \times 10^6$  т С, а пул  $C_{\text{soil}}$  (за счет облесения вырубок и гарей) на  $\sim 67 \times 10^6$  т С. Хотя в трех названных субъектах федерации получено уменьшение пулов  $C_{\text{phytomass}}$  и  $C_{\text{soil}}$ . Депонирование углерода, определяемое по разности наличных запасов, за период 1993-1998 гг. возросло на  $1.13 \times 10^6$  т С, в том числе и в Иркутской обл., Красноярском крае и в Республике Саха (Якутии), где, очевидно, произошло изменений возрастной структуры древостоев с заменой доли более старых на группы молодняков и средневозрастных.

Pine forests occupy 95% of forested territory of Russian Federation ( $115 \times 10^6$  ha). The most of them are located in the European part of Russia and in Southern regions of Siberia. Wood stocks of Russian pine forests comprise  $15 \times 10^9$  м<sup>3</sup>, with the total phytomass of  $11.1 \times 10^9$  t. In 1993-1998 wood stocks of Irkutsk and Krasnoyarsk regions, and republic of Sakcha (Yakutia) declined by some 16-46% (corresponding phytomass reserves – by 12-25%). As the territories of pine forests during this period remained unchanged, this was unlikely attributed to forest cuts or fires. More probably this was due to the results of forest fund inventories. The C pool in phytomass of pine forests within the same period was reported to increase by some  $\sim 67 \times 10^6$  t C, and soil carbon pool – by some  $\sim 67 \times 10^6$  t C, which was mostly due to forestation of clearings and fire-sites. Besides in three Russian regions of interest  $C_{\text{phytomass}}$  and  $C_{\text{soil}}$  pools decreased. Carbon deposition, estimated by current change in wood stocks, in 1993-98 increased by  $1.13 \times 10^6$  t C, which included the territories of Irkutsk, Krasnoyarsk regions and Sakcha republic. The latter was possibly due to increase of younger classes in forests age structure.

### Введение

Продолжая начатую лиственничниками (Уткин и др., 2003) поформационную характеристику элементов углеродного цикла основных пород-лесообразователей России, остановимся на сосновых лесах. Среди них наибольшее хозяйственное значение и географическое распространение имеет сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L. (Соколов и др., 1977). В направлении запад-восток она распространена от государственной границы почти до побережья Охотского моря ( $135^\circ - 140^\circ$  в.д.), в направлении север – юг в европейской части страны (в Мурманской обл. несколько севернее) от Полярного круга до  $52^\circ - 56^\circ$  с.ш., в азиатской части от  $62^\circ$  с.ш. (Зауралье) и от  $63^\circ$  с.ш. до  $64^\circ$  с.ш. в Прибайкалье, с выходом восточнее на южную государственную границу. Сосна обыкновенная формирует свои ценозы от северной тайги, причем в Мурманской обл. на северную границу выходит сосна лапландская *P. frisiana* Wiehuta, до степи. Здесь сосна строго приурочена к песчаным отложениям, как, впрочем, и в зоне сплошного распространения

многолетнемерзлых почвогрунтов: Отсутствие у сосны в отличие от лиственницы и ели альтернативных органов замещения погибших по разным причинам апикальных почек сдерживает ее распространение на север в Сибири и на Дальнем Востоке.

Сосновые леса России представлены тремя группировками экосистем: а) *ксерофильными* (сосняки лишайниковые или настоящие боры); б) *мезофильными* (сосняки зеленомошные, преимущественно брусничной группы и ее аналогов), наиболее широко представленными обычно в зоне контакта сосны и ели (*субори*), где во многих районах хозяйственная деятельность и лесные пожары способствовали доминированию сосны над елью; в) *гигрофильными* (насаждения и редколесья сосны сфагновой группы), здесь сосна нередко уступает эдификаторные позиции сфагновым мхам, пушице, некоторым осокам.

При отсутствии инвентаризации лесов по типам условий местопрорастания не представляется возможным дифференци-

ровать статсведения для сосняков в интегральных для хвойных характеристиках при учетах лесного фонда России. На Северном Кавказе небольшие площади сосняков (~ 280 тыс. га) представлены двумя другими видами сосны: крючковатой *P.kochiana* Klotsch. ex C.Koch и крымской *P.pallasiana* D.Don, на юге приморского края на ~ площади 3 тыс. га имеются насаждения сосны густоцветковой *P.densiflora* Siebold ex C.Koch – основного лесообразователя на севере Японии. [Названия видов рода *Pinus* даны по С.К.Черепанову (1995)].

#### Объект и методика

*Объекты исследований.* Ими служили совокупности сосновых насаждений, учитываемых в материалах государственного учета лесного фонда (ГУЛФ). Были задействованы материалы ГУЛФ на 1 января 1993 и 1998 гг. (Лесной фонд России, 1995, 1999), поскольку ГУЛФ-2003 (Лесной фонд России, 2004) получен уже после завершения расчетов. Использовали материалы ГУЛФ для насаждений сосны разных возрастных групп по субъектам Федерации, в их составе – по лесохозяйственным предприятиям. Для дальнейших расчетов материалы ГУЛФ (из азиатской части страны) группировались по экорегионам (62 шт.), в Европейской России к экорегионам приравнивались субъекты федерации (58 шт.) После выделения на севере в качестве субъектов федерации автономных округов отпадает в дальнейшем необходимость расчетов по экорегионам для подзоны северной тайги.

В итоге лесной фонд был дифференцирован на три широтные ландшафтные полосы (северную, среднюю и южную) и на четыре лесорастительные провинции (Европейско-Уральскую, Западно-Сибирскую, Восточно-Сибирскую и Дальневосточную). При расчленении территорий лесорастительных провинций широтными полосами выделялось 12 крупных площадных полигонов со своими спектрами ресурсных и природных характеристик. Для этих полигонов рассчитывались для всех возрастных групп ГУЛФ отношения фитомассы фракций насаждений к запасу древесины (*Ph/M-ratio*) для определения фитомассы с целью дальнейшей ее конверсии в углерод ( $C_{phytomass}$ ). Для оценки запасов

биологического углерода почв ( $C_{soil}$ ) использовали среднестатистические значения  $C_{soil}$  (в т.С.га<sup>-1</sup>) для почв сосняков.

В целом для России площадь сосновых лесов на начало 1988 г. (Лесной фонд СССР, 1990), 1993, 1998 и 2003 гг. (Лесной фонд России, 1995, 1999, 2004) составляла 113.56, 114.33, 115.24 и 117.47 × 10<sup>6</sup> га, с запасами древесины соответственно 14.31, 14.64, 14.78 и 15.01 × 10<sup>9</sup> м<sup>3</sup>. Доля сосновых лесов в составе общей для России площади, покрытой лесной растительностью, составляла в те же сроки ГУЛФ 17.4, 16.2, 16.0 и 16.0 %, доля древесных запасов соответственно 19.5, 20.0, 19.9 и 19.7 %. Другими словами, позиции сосновых насаждений в лесном фонде России за прошедшие 15 лет оставались стабильными. По показателям площадей и запасов сосняков, зафиксированных четырьмя инвентаризациями в период 1993-2003 гг., средние для всей России запасы сосновых насаждений оставались постоянными: 128 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>. Это свидетельствует и о об отсутствии каких-либо существенных изменений в возрастной структуре и в географии лесного покрова сосновой формации.

*География сосновых лесов.* Следуя современному формату статотчетности для семи Федеральных округов РФ, наибольшие площади сосновых лесов сосредоточены в Сибирском, Уральском и Северо-Западном округах (36.7, 22.6 и 21.3 % от общей площади лесной формации) с распределением запасов 43.7, 18.9 и 16.9 %. В остальных округах (кроме Южного) доля площади варьирует от 3.2 до 10.1 %, запасов – от 5.1 до 8.2 % (в Южном федеральном округе по 0.3 %). Распределение площадей сосновых лесов по субъектам федерации графически показано на рисунке 1

Видно, что самыми представительными для сосняков являются районы наибольшего торфонакопления – Карелия, Мурманская обл. и Западная Сибирь с Алтаем. На Приволжской возвышенности, в южно-таежной и отчасти средне-таежной подзонах Сибири, где доля площади сосняков находится в пределах 23 – 30 %, сосредоточены наибольшие запасы высококачественной древесины сосны, используемой внутри страны и широко экспортируемой.

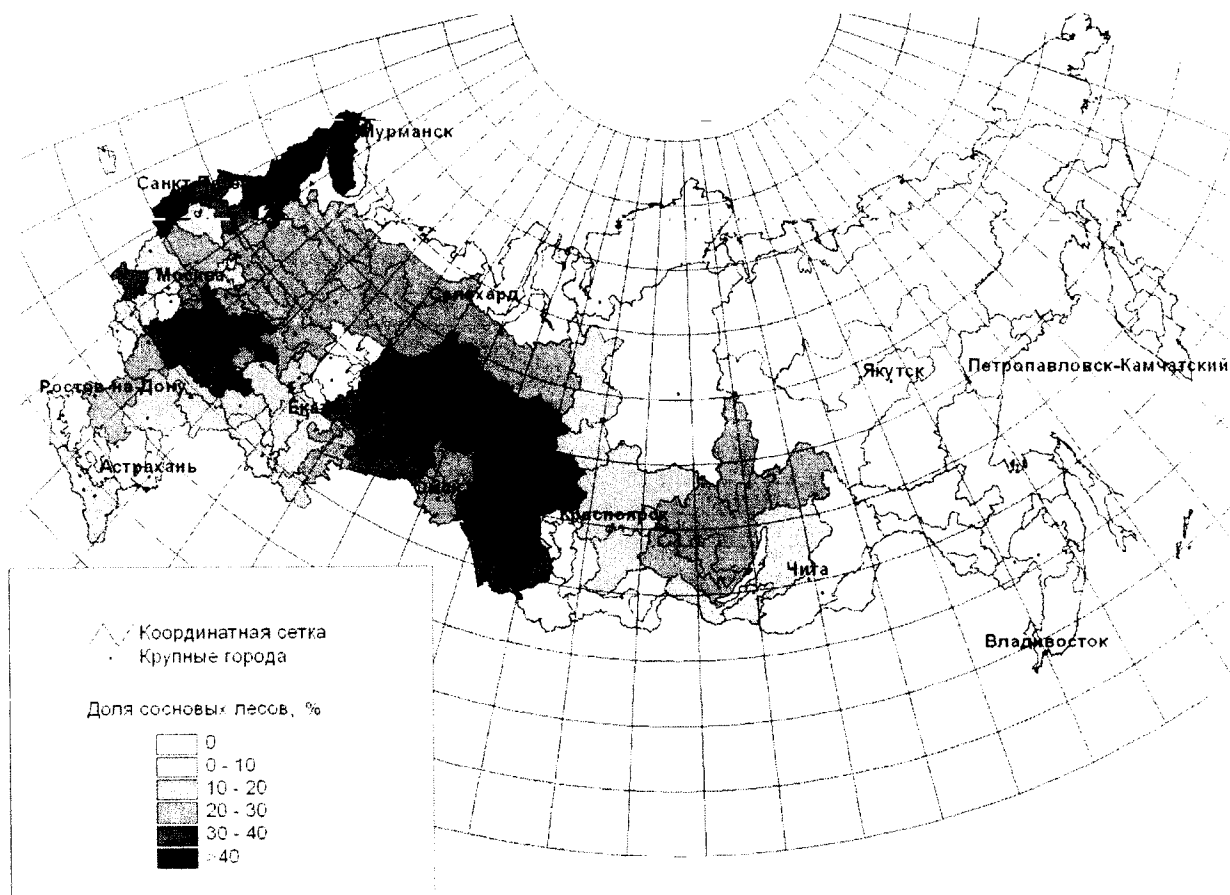


Рисунок 1 - Доля площадей сосновых лесов в составе покрытых лесом земель (Лесной фонд России, 1999)

С позиций углеродного цикла большую роль играют низкопродуктивные болотные сосняки. Не представляя интереса для лесозаготовки, они наряду с открытыми болотами являются многовековым хранилищами углерода в торфяных залежах.

**Методика.** В основу расчетов пула  $C_{\text{phytomass}}$  сосняков положена методика конверсии запасов древесины в фитомассу фракций (*Ph/M-ratio*). Последние были рассчитаны на основе базы данных экологической информации (Уткин и др., 1994) по возрастным группам насаждений в разрезе широтных полос (таблица 1). Мотивация выбора такой методики обсуждалась ранее (Уткин и др., 2003).

Средние значения углерода в почвенных слоях 0-30 см, 0-50 см, 0-100 см были получены по специальной базе данных. Использовали показатели для расчетов  $C_{\text{soil}}$  в слое 0-100 см из работы О.В.Честных и др. (2004) (таблица 2). Они несколько отличаются по сравнению с предыдущей публикацией (Честных и др., 1999).

Для конверсии фитомассы фракций растений в углерод использовали коэффициент 0.50 для древесных органов и 0.45 для листьев, хвои и растений напочвенного покрова (кустарничков, трав, мхов, лишайников). Конверсию органического вещества почв в углерод осуществляли по коэффициенту 0.57.

### Результаты

Географическое распределение площадей, запасов и компонентов углеродного цикла сосновых лесов по лесорастительным провинциям и по возрастным группам насаждений.

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что пул  $C_{\text{phytomass}}$  в разных провинциях всецело зависит от площади и запасов спелых и перестойных насаждений, пул  $C_{\text{soil}}$  - от площади сосняков, а депонирование углерода, рассчитываемое по разности наличных запасов в возрастных группах, - от представительства в лесном фонде более молодых древостоев.

Таблица 1 - Конверсионные коэффициенты  $P_h/M$  для фракций фитомассы сосновых древостоев, т  $m^{-3}$  (средние значения  $\pm$  стандартная ошибка)

Широтная полоса	Группа возраста	Общий	Фракция			
			стволы	ветви	корни	хвоя
1	Молодняки	0.937 $\pm$ 0.118	0.469 $\pm$ 0.021	0.128 $\pm$ 0.022	0.174 $\pm$ 0.031	0.167 $\pm$ 0.044
	Средне-возрастные	0.693 $\pm$ 0.023	0.468 $\pm$ 0.010	0.052 $\pm$ 0.002	0.143 $\pm$ 0.009	0.030 $\pm$ 0.002
	Приспевающие	0.737 $\pm$ 0.047	0.482 $\pm$ 0.016	0.067 $\pm$ 0.010	0.155 $\pm$ 0.016	0.033 $\pm$ 0.005
	Спелые и перестойные	0.661 $\pm$ 0.024	0.462 $\pm$ 0.008	0.057 $\pm$ 0.006	0.121 $\pm$ 0.008	0.021 $\pm$ 0.002
2	Молодняки	0.793 $\pm$ 0.078	0.470 $\pm$ 0.027	0.131 $\pm$ 0.026	0.108 $\pm$ 0.013	0.084 $\pm$ 0.014
	Средне-возрастные	0.646 $\pm$ 0.018	0.455 $\pm$ 0.006	0.062 $\pm$ 0.006	0.101 $\pm$ 0.004	0.028 $\pm$ 0.002
	Приспевающие	0.715 $\pm$ 0.052	0.475 $\pm$ 0.010	0.054 $\pm$ 0.006	0.162 $\pm$ 0.033	0.024 $\pm$ 0.004
	Спелые и перестойные	0.646 $\pm$ 0.028	0.478 $\pm$ 0.014	0.054 $\pm$ 0.005	0.088 $\pm$ 0.004	0.027 $\pm$ 0.004
3	Молодняки	0.869 $\pm$ 0.046	0.444 $\pm$ 0.008	0.112 $\pm$ 0.007	0.190 $\pm$ 0.019	0.123 $\pm$ 0.012
	Средне-возрастные	0.703 $\pm$ 0.027	0.447 $\pm$ 0.008	0.066 $\pm$ 0.003	0.159 $\pm$ 0.014	0.032 $\pm$ 0.002
	Приспевающие	0.658 $\pm$ 0.021	0.453 $\pm$ 0.010	0.052 $\pm$ 0.002	0.128 $\pm$ 0.007	0.026 $\pm$ 0.002
	Спелые и перестойные	0.712 $\pm$ 0.023	0.491 $\pm$ 0.011	0.059 $\pm$ 0.004	0.137 $\pm$ 0.007	0.025 $\pm$ 0.002

Примечание. Широтные полосы: 1 - северная тайга и лесотундра, 2 - средняя тайга, 3 - южная тайга, широколиственные леса, лесостепь и другие зоны.

Таблица 2 - Средние значения послыльных запасов абсолютно сухого органического вещества в почвенной толще сосновых насаждений для лесного фонда России, т  $га^{-1}$   $\pm$  стандартная ошибка

Полоса	Провинция	Запас органического вещества по слоям			n
		0-30 см	0-50 см	0-100 см	
1	1	151.6 $\pm$ 24.3	208.7 $\pm$ 43.3	282.5 $\pm$ 66.7	28
1	2-4	237.2 $\pm$ 109.7	257.0 $\pm$ 113.3	277.9 $\pm$ 117.8	7
2	1	81.8 $\pm$ 28.8	98.8 $\pm$ 40.0	127.2 $\pm$ 55.2	5
2	2	195.4 $\pm$ 47.6	212.3 $\pm$ 51.0	241.6 $\pm$ 56.3	13
2	3	140.0 $\pm$ 43.4	166.8 $\pm$ 47.5	213.2 $\pm$ 55.3	9
2	4	92.7 $\pm$ 16.0	112.5 $\pm$ 15.4	155.5 $\pm$ 15.2	4
3	1	125.5 $\pm$ 18.4	139.5 $\pm$ 18.8	163.0 $\pm$ 20.2	23
3	2	168.7 $\pm$ 24.1	185.7 $\pm$ 24.9	217.3 $\pm$ 25.9	27
3	3-4	139.3 $\pm$ 14.6	159.9 $\pm$ 16.3	192.9 $\pm$ 17.8	26

Примечания. Полосы: 1 - северная, 2 - средняя, 3 - южная; лесорастительные провинции: 1 - Европейско-Уральская, 2 - Западно-Сибирская, 3 - Восточно-Сибирская, 4 - Дальневосточная; n - число данных (разрезов) для усреднения.

Неслучайно, что на Европейско-Уральскую и Восточно-Сибирскую провинции, где за счет эксплуатации происходит постоянное омоложение

сосновых древостоев, приходится 76 % общего годовичного депонирования углерода этой формации, но вклад их меньше как  $C_{phytomass}$  (72 %), так и по пулу  $C_{soil}$  (63 %).

Таблица 3 - Площади, запасы древесины, фитомасса, запасы углерода фитомассы ( $C_{\text{phytomass}}$ ) и органического углерода почв ( $C_{\text{soil}}$ ), годовичного депонирования углерода разных возрастных групп сосновых насаждений по лесорастительным провинциям

Провинция	Группа возраста	Площадь, $10^6$ га	Запас, $10^6$ м <sup>3</sup>	Фитомасса, $10^6$ т	$C_{\text{phytomass}}$ , $10^6$ т	$C_{\text{soil}}$ , $10^6$ т	Депонирование, $10^6$ тС год <sup>-1</sup>
Европейско-Уральская	Молодняки	14.11	780.7	773.3	376.8	1491.8	23.468
	Средневозрастные	11.81	2082.6	1506.4	745.7	1264.7	7.264
	Приспевающие	3.64	790.5	569.0	282.2	365.5	-1.796
	Спелые и перестойные	11.41	1581.4	1143.6	565.4	1406.1	0.000
	Итого	40.97	5235.1	3992.3	1970.0	4528.2	28.936
Западно-Сибирская	Молодняки	3.39	113.7	122.7	59.4	406.1	2.631
	Средневозрастные	6.61	673.4	508.4	250.8	817.7	1.901
	Приспевающие	4.64	517.1	395.9	195.5	567.0	0.355
	Спелые и перестойные	15.16	1710.5	1267.7	625.5	1880.4	0.000
	Итого	29.80	3014.8	2294.7	1131.1	3671.2	4.886
Восточно-Сибирская	Молодняки	8.36	308.1	327.4	158.3	805.1	11.289
	Средневозрастные	7.30	1171.9	832.1	410.9	693.3	4.425
	Приспевающие	2.61	529.2	402.9	199.6	244.6	0.443
	Спелые и перестойные	16.60	3523.7	2444.6	1209.8	1630.4	0.000
	Итого	34.86	5532.9	4007.1	1978.6	3373.3	16.157
Дальневосточная	Молодняки	2.64	77.1	90.0	43.4	373.7	2.774
	Средневозрастные	2.62	264.6	201.9	99.5	387.3	1.295
	Приспевающие	0.96	124.3	98.7	48.8	141.8	0.082
	Спелые и перестойные	5.62	757.1	542.7	268.4	839.0	0.000
	Итого	11.84	1223.1	933.3	460.1	1741.8	4.151
Всего в РФ	Молодняки	28.51	1279.6	1313.5	637.9	3076.6	40.162
	Средневозрастные	28.33	4192.6	3048.8	1507.0	3163.0	14.886
	Приспевающие	11.84	1961.0	1466.6	726.0	1318.9	-0.917
	Спелые и перестойные	48.79	7572.7	5398.6	2669.0	5755.9	0.000
	Итого	117.47	15005.9	11227.4	5539.9	13314.5	54.131

При отсутствии в статотчетности по лесному фонду разделения возрастных групп спелых и перестойных насаждений, преимущественная таксация последних, как одновозрастных, не позволяет оценить фитомассу молодых поколений леса в таких, вряд ли обоснованно считающихся климаксовыми, экосистемах. Из-за этого наши определения депонирования углерода следует считать несколько заниженными.

В пуле  $C_{\text{soil}}$  большую прибавку дают заболоченные и болотные сосняки. В целом для России отношение пулов  $C_{\text{soil}}/C_{\text{phytomass}}$  равно 2.5, что соответствует Европейско-Уральской и Дальневосточной провинциям. Для Восточно-Сибирской провинции оно

меньше (2.0), для заболоченной на болотной территории Западно-Сибирской провинции больше (3.6).

*Фракционная структура  $C_{\text{phytomass}}$ .* Согласно суммарным определениям фракций фитомассы по лесорастительным провинциям (таблица 4) не обнаруживается больших различий в структуре фракций для пула  $C_{\text{phytomass}}$  из разных лесорастительных провинций. Соотношение древесных фракций ствол : (ветви+корни) близко к 2/3 : 1/3. Доля хвой в общем пуле  $C_{\text{phytomass}}$  равна 4.5 %, что вдвое больше, чем в лиственничниках (Уткин и др., 2003) с опадающей ежегодно хвоей.

лиственничниках (Уткин и др., 2003) с опадающей ежегодно хвоей.

Таблица 4 - Распределение  $C_{\text{phytomass}}$  по фракциям древостоев в сосновых насаждениях четырех лесорастительных провинций России

Провинция	Стволы		Ветви и побеги		Хвоя		Корни		Всего	
	$10^6$ т С	%	$10^6$ т С	%	$10^6$ т С	%	$10^6$ т С	%	$10^6$ т С	%
Европейско-Уральская	1209.3	66.1	177.6	9.7	95.6	5.2	348.1	19.0	1830.7	100.0
Западно-Сибирская	709.3	69.1	89.7	8.7	40.7	4.0	186.3	18.2	1026.0	100.0
Восточно-Сибирская	1304.2	71.3	166.1	9.1	74.9	4.1	283.9	15.5	1829.1	100.0
Дальне-восточная	285.2	68.1	37.7	9.0	17.6	4.2	78.0	18.6	418.5	100.0
Всего в РФ	3508.0	68.7	471.1	9.2	228.9	4.5	896.4	17.6	5104.3	100.0

В целом же обе светолюбивые древесные породы отличаются сходным фракционным распределением в пуле  $C_{\text{phytomass}}$ , хотя лиственница и меньше аккумулирует углерод в скелете крон и функционирует при меньшем запасе своих ассимиляционных органов.

Изменений площадей, запасов и фитомассы в период между двумя ГУЛФ. Как следует из таблицы 5, в период 1993-1998 гг. в целом для Российской Федерации все три названные характеристики имели положительную разность (прибавку).

Менее всего изменились площади сосняков. Площади вырубок и гарей межучетного периода скорее всего были компенсированы площадями сомкнувшихся молодняков. Более значительны изменения в запасах и фитомассе сосняков произошли в некоторых субъектах федерации, прежде всего: Иркутской обл. и Красноярском крае с их автономными округами, а также Республике Саха (Якутия) и в меньшей мере Свердловская обл.

Увеличение древесных запасов и фитомассы в какой-то мере связано не только с уменьшением размеров рубок главного пользования, но и с сокращением объемов лесостроительных и других лесоинвентаризационных работ. В уменьшении этих показателей сосняков в лесном фонде, конечно, сыграли свою роль лесные пожары и рубки. Отсутствие практически изменений площадей при одновременном падении запасов и фитомассы в Иркутской обл. и Красноярском крае не исключают замену

сплошнолесосечных технологий лесозаготовок на постепенные и выборочные рубки, которые удобны для несанкционированных рубок леса.

*Изменение пулов  $C_{\text{soil}}$  и депонирования углерода по лесорастительным провинциям и субъектам федерации.* Результаты конверсии в углерод материалов (таблица 5) не вносят каких-либо неожиданностей (таблица 6).

По отношению к падению пулов  $C_{\text{phytomass}}$  отдельных субъектов федерации депонирование находится в противофазе и значительно повышает свои значения. Скорей всего это обусловлено формированием более благоприятной возрастной структуры древостоев в результате хозяйственной деятельности. Хотелось бы верить, что данные таблицы 6 для сосняков, как и полученные ранее результаты для лиственничников (Уткин и др., 2003), свидетельствуют об улучшении поглощения  $C\text{-CO}_2$  из атмосферы лесным покровом России. Однако при отсутствии качественных лесоинвентаризационных материалов и без тщательного анализа полученной информации такой вывод был бы преждевременным.

После того, как была написана настоящая статья, таблица 3 подверглась доработке на основе ГУЛФ на 01.01.2003 г. (Лесной фонд России, 2004). Обнаружилось увеличение всех итоговых показателей сосновых насаждений России: площади до  $117.47 \times 10^6$  га, запасов до  $15.01 \times 10^9$  м<sup>3</sup>, фитомассы до  $11.23 \times 10^9$  т, пула  $C_{\text{phytomass}}$  до  $5540 \times 10^6$  т С, пула  $C_{\text{soil}}$  до  $13314 \times 10^6$  т С, депонирования до  $54.131 \times 10^6$  т С год<sup>-1</sup>.

Таблица 5 - География распределения сосновых лесов России по площади, запасам древесины и фитомассе (по учетам на 01.01.1993 г. и на 01.01.1998 г.)

Лесорастительная провинция, субъект РФ	Площадь, 10 <sup>6</sup> га			Запас, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>			Фитомасса, 10 <sup>6</sup> т		
	1993 г.	1998 г.	раз-ность	1993 г.	1998 г.	раз-ность	1993 г.	1998 г.	раз-ность
Российская Федерация	115.24	117.47	2.23	14780.52	15005.90	225.38	11050.57	11227.44	116.80
<i>Европейско-Уральская</i>	40.36	40.97	0.62	5063.11	5235.13	172.02	3867.50	3992.32	170.57
Респ. Коми	7.13	7.19	0.05	658.31	665.56	7.25	516.76	522.26	14.66
Респ. Карелия	5.91	6.03	0.12	528.71	544.55	15.84	418.81	430.75	27.91
Архангельская обл.	5.41	5.39	-0.01	550.30	553.75	3.45	424.77	427.07	8.20
Свердловская обл.	4.06	4.04	-0.02	635.53	660.42	24.89	470.02	486.65	-7.25
Мурманская обл.	2.17	2.29	0.11	87.41	110.77	23.36	79.19	96.90	-1.18
Вологодская обл.	1.74	1.72	-0.01	238.67	253.53	14.86	175.95	185.70	2.90
Кировская обл.	1.39	1.36	-0.03	199.30	211.73	12.43	149.92	158.14	-1.83
Ленинградская обл.	1.28	1.28	-0.01	221.04	216.23	-4.81	161.68	158.27	8.24
Нижегородская обл.	1.22	1.26	0.04	192.17	189.94	-2.23	148.48	147.03	10.57
<i>Западно-Сибирская</i>	28.67	29.80	1.12	2908.97	3014.76	105.79	2213.56	2294.70	24.17
Ханты-Мансийский АО	14.57	15.31	0.74	1407.29	1472.85	65.56	1075.91	1126.63	7.16
Томская обл.	5.46	5.53	0.06	636.49	637.96	1.47	478.21	479.57	-14.86
Ямало-Ненецкий АО	4.18	4.50	0.32	294.93	323.04	28.11	232.12	253.64	12.19
Тюменская обл.	1.75	1.75	0.00	185.98	188.72	2.74	141.41	143.37	1.69
Алтайский кр.	1.01	1.00	-0.01	198.79	200.96	2.17	145.06	146.55	3.83
<i>Восточно-Сибирская</i>	34.48	34.86	0.39	5611.48	5532.90	-78.58	4055.02	4007.08	2.58
Иркутская обл.	15.38	15.61	0.24	2753.71	2681.44	-72.27	1977.66	1932.11	-47.67
Красноярский кр.	9.59	9.58	-0.01	1674.81	1648.77	-26.04	1193.96	1176.81	-22.39
Эвенкийский АО	3.70	3.82	0.12	480.63	497.13	16.50	353.61	365.67	-25.62
Респ. Бурятия	3.03	3.10	0.07	367.39	372.07	4.68	276.95	280.78	0.28
Читинская обл.	2.40	2.39	-0.01	280.94	279.25	-1.69	212.21	210.98	-0.62
<i>Дальневосточная</i>	11.74	11.84	0.10	1196.96	1223.11	26.15	914.49	933.34	-13.26
Респ. Саха (Якутия)	9.85	9.92	0.07	1022.47	1043.78	21.31	778.52	793.76	-12.05
Хабаровский кр.	1.11	1.13	0.03	116.76	120.32	3.56	87.83	90.44	0.25

Другими словами, в период 1993-2003 гг. проявлялась тенденция увеличения позиций сосны в углеродном цикле, в том числе и в депонировании углерода, рассчитываемого по разности текущих запасов. Данный вопрос требует самостоятельного изучения и анализа.

#### Заключение

Расчеты по материалам ГУЛФ 1993 г. (Уткин и др., 2001) дали общие для покрытой лесом площади показатели: пул  $C_{phytomass}$   $30913 \times 10^6$  т С, из которых на сосняки с площадью  $114.87 \times 10^6$  га приходилось  $5451 \times 10^6$  т С, т.е. 17 % от общего. Нарастание пула  $C_{phytomass}$  к 2003 г. составило 1.6 %.

Сравнение для сосняков России пула  $C_{phytomass}$ , опубликованное разными авторами, показывает по существу полное совпадение нашей оценки с оценкой А.З.Швиденко и др.

(2003):  $5509$  и  $5500 \times 10^6$  т С. Определение  $C_{phytomass}$  сосновых лесов сотрудниками Института леса им. В.Н.Сукачева СО РАН несколько (на 15%) ниже –  $4690 \times 10^6$  т С (Углерод лесов и болот, 1994). Для пулов  $C_{soil}$  сосняков в слое 0-100 см наша оценка (на 01.01.1998), равная  $13.726 \times 10^6$  т С, значительно (на 44 %) уступает оценке А.З.Швиденко и др. (2003). Ими пул  $C_{soil}$  определен в  $24441 \times 10^6$  т С, из которых  $2097 \times 10^6$  т С приходится на лесную подстилку.

Определения пулов углерода и его годовичного депонирования, осуществляемые на уровне формаций основных лесобразующих пород, открывают возможности анализа продукционного процесса и углеродного цикла в масштабе отдельных пятилетних периодов между лесоинвентаризациями.

Таблица 6 - География распределения сосновых лесов России по запасам углерода фитомассы ( $C_{\text{phytomass}}$ ) и органического углерода почв ( $C_{\text{soil}}$ ), по годовичному депонированию углерода (по учетам на 01.01.1993 г. и на 01.01.1998 г.)

Лесорастительная провинция, субъект РФ	$C_{\text{phytomass}}, 10^6 \text{ т С}$			$C_{\text{soil}}, 10^6 \text{ т С}$			Депонирование, $10^3 \text{ т С год}^{-1}$		
	1993 г.	1998 г.	раз-ность	1993 г.	1998 г.	раз-ность	1993 г.	1998 г.	раз-ность
Российская Федерация	5452.79	5539.89	87.10	13043.40	13314.52	271.11	48505.17	54131.33	5626.17
<i>Европейско-Уральская</i>	1908.18	1970.05	61.87	4461.20	4528.16	66.96	26008.74	28936.47	2927.74
Респ. Коми	254.47	257.19	2.72	1148.98	1157.56	8.58	3119.03	3877.62	758.58
Респ. Карелия	205.49	211.38	5.88	428.92	437.27	8.35	3396.50	3977.35	580.85
Архангельская обл.	209.39	210.54	1.15	870.59	868.18	-2.40	2016.44	2469.68	453.24
Свердловская обл.	231.88	240.17	8.28	294.70	293.30	-1.41	2633.94	2737.10	103.16
Мурманская обл.	38.57	47.33	8.75	350.11	368.39	18.28	757.62	1016.77	259.15
Вологодская обл.	86.75	91.61	4.86	126.00	125.08	-0.93	503.22	714.64	211.42
Кировская обл.	73.89	77.99	4.10	100.83	98.84	-2.00	1208.99	1284.42	75.43
Ленинградская обл.	80.16	78.46	-1.70	119.00	118.51	-0.49	676.80	662.06	-14.74
Нижегородская обл.	73.42	72.69	-0.73	113.13	117.07	3.94	1377.52	1361.54	-15.98
<i>Западно-Сибирская</i>	1091.23	1131.14	39.92	3523.86	3671.20	147.34	4571.30	4886.43	315.13
Ханты-Мансийский АО	528.78	553.68	24.90	1770.19	1859.96	89.77	1879.35	1966.90	87.55
Томская обл.	236.81	237.47	0.66	600.72	607.79	7.07	1083.48	1085.99	2.51
Ямало-Ненецкий АО	114.12	124.73	10.60	662.80	712.95	50.15	686.47	751.90	65.43
Тюменская обл.	69.93	70.90	0.97	192.85	192.85	0.00	301.62	306.06	4.44
Алтайский кр.	71.93	72.67	0.74	111.23	110.41	-0.82	441.41	650.79	209.38
<i>Восточно-Сибирская</i>	2002.64	1978.61	-24.02	3330.32	3373.34	43.01	14527.39	16157.40	1630.01
Иркутская обл.	977.15	954.38	-22.77	1371.34	1392.96	21.62	7531.67	8683.63	1151.96
Красноярский кр.	589.80	581.27	-8.54	849.70	849.08	-0.62	2592.16	2817.37	225.21
Эвенкийский АО	174.77	180.74	5.96	586.53	604.87	18.33	1170.57	1413.03	242.46
Респ. Бурятия	136.34	138.21	1.87	268.90	275.01	6.11	2006.34	2031.91	25.58
Читинская обл.	104.45	103.85	-0.61	212.32	211.52	-0.80	1021.91	1015.75	-6.16
<i>Дальневосточная</i>	450.75	460.09	9.34	1728.02	1741.82	13.80	3397.74	4151.04	753.29
Респ. Саха (Якутия)	384.00	391.56	7.56	1560.18	1571.62	11.44	2789.64	3429.83	640.20
Хабаровский кр.	43.20	44.48	1.29	97.98	100.39	2.41	168.53	218.31	49.78

### Библиографический список

1. Лесной фонд России (по учету на 1 января 1993 года) /Справочник.- М.: ВНИИЦ лесресурс, 1995.- 281 с.
2. Лесной фонд России (по учету на 1 января 1998 года) /Справочник.- М.: ВНИИЦ лесресурс, 1999.- 649 с.
3. Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда по состоянию на 1 января 2003 г.) /Справочник.- М.: ВНИИЛМ, 2003. 640 с.
4. Лесной фонд России (по учету на 1 января 1988 года) /Статистический сборник.- М.: Госкомлес СССР, 1990.- Т. 1.-1005 с.
5. Соколова С.Я., Связева О.А., Кублин В.А. и др. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Т. 1.- Л.: Наука, 1977.
6. Углерод в экосистемах лесов и болот России/ Под ред. Алексева В.А., Бердси

Р.А.- Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1994.- 232 с.

7. Уткин А.И., Гульбе Я.И., Гульбе Т.А., Ермолова Л.С. Биологическая продуктивность лесных экосистем. Компьютерная база данных. М.: ИЛ РАН, ЦЭПЛ РАН, 1994.

8. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В. Органический углерод лиственных лесов России //Хвойные бореальной зоны. Вып. 1.- Лиственница.- 2003.- С. 66-76.

9. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В., Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Леса России как резервуар органического углерода биосферы // Лесоведение.- 2001.-№ 5.- С. 8-23.

10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных стран.- С-Пб.: Мир и семья-95, 1995.- 992 с:



11. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Лесоведение.- 2004.- № 4.- С. 30-42.

12. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Распределение запасов органического углерода в почвах

лесов России // Лесоведение.- 1999.- № 2.- С. 13-21.

13. Швиденко А.З., Ваганов Е.А., Нильссон С. Биосферная роль лесов России на старте третьего тысячелетия: углеродный бюджет и Протокол Киото // Сибирский экологический журнал.- 2003.- № 6.- С. 649-658.

Поступила в редакцию 23 июня 2004 г.

## УГЛЕРОДНЫЕ ПУЛЫ ФИТОМАССЫ, ПОЧВ И ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА В ЕЛОВЫХ ЛЕСАХ РОССИИ

УДК 630\*516/518:630\*182.5:582.032.475.5(470)

© А.И.Уткин<sup>1,2</sup>, Д.Г.Замолодчиков<sup>2</sup>, О.В.Честных<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт лесоведения РАН, Москва, Россия.

<sup>2</sup> Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия

Исследование выполнялось при поддержке РФФИ (00-04-48036 и 03-04-48097).

Благодаря высоким технологическим свойствам древесины ели, ельники в составе бореальных лесов Северной Евразии имеют статус наиболее ценного вида лесных растительных ресурсов. Из шести видов рода *Picea*, произрастающих на территории России, ресурсное значение имеют четыре вида: ель европейская (*Picea abies*), преимущественно на Русской равнине, ель сибирская (*P. obovata*) – европейский Север и Сибирь, ель восточная (*P. orientalis*) на Кавказе, ель аянская (*P. ajanensis*) на Дальнем Востоке. По учету лесов РФ на 1 января 2003 г., при общей площади еловых лесов  $77.198 \times 10^6$  га на долю названных видов ели приходится (с округлением) соответственно 60%, 24, 0.02 и 16%, для запасов ( $10009.14 \times 10^6$  м<sup>3</sup>) – 56%, 23, 0.01 и 21%. За межучетный период 1993-1998 гг. площадь еловых лесов в целом для России увеличилась на  $0.40 \times 10^6$  га. Запасы древесины, напротив, уменьшились на  $185.19 \times 10^6$  м<sup>3</sup>, в основном за счет субъектов федерации с интенсивными лесозаготовками. На начало 1998 г. пул углерода фитомассы для ельников России определен в  $3908.55 \times 10^6$  т С, пул биологического углерода почв в  $13831.09 \times 10^6$  т С, депонирование углерода фитомассы в  $26615.54 \times 10^3$  т С год<sup>-1</sup>.

Spruce forests are the most important source of plant resources amongst boreal forests in Northern Eurasia. 4 of 6 Russian *Picea spp.* have this commercial importance: Norwegian Spruce (*Picea abies*) in Russian Plain, Siberian Spruce (*P. obovata*) in the North of European Russia and Siberia, Oriental Spruce (*P. orientalis*) in Caucasus region, and Ajan Spruce (*P. ajanensis*) in the Far East of Russian Federation. According to the latest Russian Forest inventory (January 1, 2003) spruce forests of the above-mentioned 4 species occupy  $77.198 \times 10^6$  ha overall, with the corresponding relative species coverage of 60, 24, 0.02 and 16%. Total wood stocks of these spruce species is  $10009.14 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (56, 23, 0.01 and 21%, correspondingly). In 1993-98 the total area of Russian spruce forests increased by  $0.4 \times 10^6$  ha, whereas wood stocks decreased by  $185.19 \times 10^6$  m<sup>3</sup> due to intensive forest cuts in some Russian regions. For the beginning of 1998 the carbon pool in the phytomass of Russian spruce forests was estimated at  $3908.55 \times 10^6$  t C, organic soil carbon pool – at  $13831.09 \times 10^6$  t C, carbon deposition in phytomass – at  $26615.54 \times 10^3$  t C yr<sup>-1</sup>.

### Введение

В Северной Евразии еловые леса относятся к ландшафтно-образующей зональной формации. Вместе с примешивающимися к ели видами пихты, сосны кедровой сибирской формации ельников и пихто-ельников определяют состав, структуру и облик темнохвойной тайги евразийского сектора циркумполярного пояса бореальных (таежных) лесов. По сравнению с североамериканским сектором того же пояса (Silvics of North America, 1990)

темнохвойные экосистемы Северной Евразии гораздо беднее дендрологически и менее разнообразны в фитоценологическом и экологическом отношении. На Северо-Востоке Азии обширная территория потенциально темнохвойного пояса находится в криолитозоне и занята лиственничными лесами, смещая ельники к южной границе вечной мерзлоты. Но и здесь они распространены локально, «островами» разных размеров на защищенных склонах и в долинах рек.