

УДК 630.232

## ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА РАЗНОВОЗРАСТНЫМИ КУЛЬТУРАМИ СОСНЫ

Б.П. Чураков, Е.В. Манякина

*Ульяновский государственный университет*

Выявлен характер накопления общей фитомассы и депонированного углерода разновозрастными культурами сосны, созданными в рамках Международной программы «Киотские леса».

**Ключевые слова:** общая фитомасса, депонированный углерод, культуры, тип леса, конверсионный коэффициент.

**Введение.** Усиливающиеся техногенные и антропогенные нагрузки, уничтожение лесных насаждений в результате промышленных рубок и лесных пожаров оказывают существенно негативное влияние на газовый состав нашей атмосферы, увеличивая риск развития парникового эффекта на земле [1; 5]. Одновременно с потеплением климата происходит перемещение на север границ лесорастительных зон, изменяются условия произрастания растений и их ареал. При потеплении климата на 0,8 °С зональная граница хвойных лесов перемещается на 1° широты, или на 100 км [4].

Леса нашей планеты, являясь одним из главных стабилизирующих природных механизмов, способны компенсировать возросшие выбросы парниковых газов в атмосферу. За последние столетия концентрация углекислоты в атмосфере повысилась на 20 %, что не сопровождается увеличением запасов фитомассы растительного покрова. При этом площадь мировых лесов в результате рубок и пожаров ежегодно сокращается. Например, за период с 1990 по 2005 гг. она сократилась на 125, 3 млн га, то есть ежегодное сокращение составило в среднем 8,4 млн га [6–8].

Леса России, которые составляют 22 % мировых лесных ресурсов и 2/3 бореальных лесов мира, играют значительную роль в углеродном бюджете планеты. Ежегодное накопление углерода в фитомассе лесного фонда России на 2003 г. оценивается в 0,25 млрд т в год, что составляет от 10 до 25 % мирового объема поглощения углекислого газа всеми экосистемами [3; 5].

По оценке Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, из 500 млрд т углерода, содержащегося во всей наземной биомассе, вклад российских лесов составляет 34 млрд т, из которых более 25 млрд т приходится на хвойные леса. Дополнительные запасы углерода сосредоточены в мертвой древесине, лесной подстилке и корневых остатках. Общий запас сухостоя и валежа в лесах России оценивается в 2 млрд т углерода. Следовательно, леса России, наряду с болотами, являются крупнейшими накопителями органического углерода на планете [5; 7].

Одним из важных мероприятий по снижению парникового эффекта является создание искусственных зеленых насаждений на нелесных территориях и на лесных землях, на которых, в силу ряда обстоятельств, естественного лесовосстановления не происходит. Вновь созданные лесные культуры активно вовлекаются в процессы связывания углекислого газа и повышения биологической продуктивности лесных экосистем [2; 4]. С этой точки зрения значительный интерес представляют исследования депонирующей способности разновозрастных искусственных насаждений в различных лесорастительных условиях. Такие исследования особенно актуальны в связи с созданием в России лесных культур в рамках Киотского протокола.

Углерододепонирующие насаждения следует создавать с использованием лесных растений, обладающих усиленным поглощением парниковых газов. Из хвойных древесных

пород в первую очередь следует высаживать лиственницу, которая поглощает углекислый газ в 2–2,5 раза быстрее, чем ель, и почти в 1,5 раза интенсивнее, чем сосна. Хвоя лиственницы массой 1 кг продуцирует до 3 кг органического вещества, тогда как хвоя ели – 0,5–0,6, сосны – 1,3–2,0 кг. Из лиственных древесных пород максимальным углероддепонизирующим эффектом обладают береза повислая, липа мелколистная, тополя бальзамический и серый, бузина красная, клен татарский, смородина золотистая и др. [4].

В период с 1990 г. ежегодные объемы работ по лесовосстановлению уменьшились с 1,8 до  $1,0 \times 10^6$  га, в том числе площадь посевов и посадок с 0,6 до  $0,25 \times 10^6$  га [3]. Это связано преимущественно с уменьшением объема лесозаготовок и сокращением бюджетных ассигнований на воспроизводство лесных ресурсов. Доля лесных культур в составе покрытых лесом площадей составляет в целом для страны около 2,0 %, и еще около 0,4 % приходится на площади несомкнувшихся лесных культур.

Создание углероддепонизирующих лесонасаждений позволяет превратить деградированные, малопродуктивные земли в экономически целесообразные и экологически привлекательные ландшафты.

В 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро подписана рамочная Конвенция ООН об изменении климата. 11 декабря 1997 г. в Киото был принят Протокол о сокращении выбросов парниковых газов в атмосферу Земли – важнейшее международное соглашение по этому вопросу. Россией Протокол подписан в Нью-Йорке 11 марта 1999 г. Россия стала 127-й страной, ратифицировавшей Киотский протокол. Страны-участницы Протокола должны будут уменьшить выбросы парниковых газов в среднем на 5 % от уровня 1990 г. [7–9].

Ульяновская область одной из первых в РФ выиграла грант на создание киотских лесонасаждений. В 2007 г. в бюджет области поступило 50 млн рублей на выполнение комплекса работ по проектированию и созданию «лесов Киото» на бывших землях сельскохозяйственного назначения. Реализация этого проекта происходит в рамках Соглаше-

ния между Федеральным агентством лесного хозяйства и Правительством Ульяновской области.

Важным аспектом в развитии киотских лесов является то, что они создаются на брошенных сельскохозяйственных землях, которые переведены в состав земель гослесфонда. Тем самым увеличивается площадь государственного лесного фонда Ульяновской области. Первыми районами, в которых проводятся работы по созданию киотских лесонасаждений, стали Инзенский и Старомайнский районы области. В Инзенском районе углероддепонизирующие насаждения посажены на площади 295 га, в Старомайском – на площади 1105 га.

Реализация соглашения по созданию углероддепонизирующих насаждений позволит увеличить ежегодное поглощение углекислого газа на территории Ульяновской области до 6,8 млн  $\text{м}^3$  в год. Кроме выполнения основных функций по депонированию углерода реализация Соглашения позволит выполнить защитные функции по предотвращению водной и ветровой эрозии почв, рационально использовать земли сельскохозяйственного назначения на площади 2000 га.

Введение в состав киотских лесонасаждений основных лесобразующих пород (сосны и березы) позволит увеличить в будущем базу для развития лесопромышленного комплекса области до 700 тыс.  $\text{м}^3$ .

**Цель исследования.** Изучение биологической продуктивности разновозрастных лесных культур, в т.ч. созданных в рамках Киотского протокола, в различных условиях местопроизрастания.

**Материалы и методы.** Материалом для исследований послужили пятилетние киотские посадки сосны, созданные на заброшенных малопродуктивных сельскохозяйственных землях, и 10-летние культуры сосны II класса бонитета в Инзенском лесничестве. В соответствии с лесотипологической классификацией В.Н. Сукачева исследуемые лесные культуры располагались в местообитаниях, соответствующих типам сосняков: лишайниковому, черничному и разнотравному.

Для исследований в каждом типе леса для каждого возраста лесных культур были

заложены пробные площади размером 10x10 м в трехкратной повторности, т.е. было проанализировано 18 пробных площадей. На каждой пробной площади было определено число деревьев и отобрано по диагонали по 10 деревьев, у которых замерялись срединный диаметр и высота.

Определение объема стволика сосны в лесных культурах проводилось по упрощенному способу срединного сечения (по формуле немецкого лесоведа Губера). В основе применения формулы лежит условное приравнивание объема ствола к объему цилиндра такой же длины. Для определения объема измеряют диаметр на середине ствола, затем определяют площадь поперечного сечения по формуле  $P \times R^2$  и умножают на длину ствола  $L$ . Запас древесины на пробе определяется умножением объема среднего ствола на среднее число деревьев на пробе. Для перевода запаса древесины на пробе в запас на 1 га необходимо умножить запас древесины на пробе на 100.

Для определения фитомассы древостоя использовалась формула:

$$M = K \times V,$$

где  $M$  – фитомасса в тоннах,  $K$  – конверсионный коэффициент и  $V$  – объем стволовой древесины в кубометрах. Конверсионный коэффициент отражает связь запаса стволовой древесины в коре с фитомассой древостоя. Он рассчитан для основных лесообразователей по группам возраста и экорегионам России.

Пример расчета для лесных культур 10-летнего возраста в сосняке лишайнико-

вом. Срединный диаметр сосенок на пробной площади – 3,8 см, радиус  $R=1,9$  см,  $P=3,14$ , высота  $L=2,8$  м. Расчет  $V=P \times R^2 \times L = 3,14 \times 3,61 \times 2,8 = 3173,9 \text{ см}^3 = 0,0032 \text{ м}^3$ . Среднее число стволиков на пробе – 68,7 штук, запас стволовой древесины на пробе  $V=0,0032 \times 68,7 = 0,22 \text{ м}^3$ , соответственно, на 1 га запас равен  $0,22 \times 100 = 22 \text{ м}^3$ . Конверсионный коэффициент для молодняков сосны 1 класса возраста Европейской части России равен 0,80. Содержание углерода принимается равным 0,5 абсолютно сухой фитомассы дерева.

Общая фитомасса и депонированный углерод в отдельных вегетативных частях сосновых культур определялись по процентному соотношению корней, стволовой древесины и кроны в общей массе деревьев.

**Результаты и обсуждение.** Увеличить депонирование атмосферного углерода можно не только за счет сохранения существующих лесов, но и путем повышения их продуктивности, реконструкции и создания новых высокопроизводительных лесных насаждений. Созданные человеком искусственные леса обладают различной биологической продуктивностью, что связано с их породным составом, возрастом, условиями произрастания и т.д. Проведены исследования накопления фитомассы и содержания углерода в сосновых культурах 5- и 10-летнего возраста в разных лесорастительных условиях.

В табл. 1 приведены средние таксационные показатели сосновых культур и средние запасы стволовой древесины на пробах в разных типах леса.

Таблица 1

Средние таксационные показатели сосновых культур на пробах

Тип леса	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Число деревьев на пробе, шт.	Объем ствола, см <sup>3</sup>	Запас на пробе, м <sup>3</sup>
Сосняк лишайниковый	5	0,7	1,0	0,78	78,1+3,5	55,0	0,004
	10	2,8	3,8	11,34	68,7+4,1	3173,9	0,22
Сосняк черничный	5	0,8	1,2	1,13	76,9+4,2	90,4	0,007
	10	2,9	4,3	14,51	69,3+3,6	4207,0	0,29
Сосняк разнотравный	5	0,8	1,4	1,54	77,6+4,4	123,2	0,009
	10	3,0	4,3	14,51	68,6+3,5	4354,4	0,30
Среднее по типам леса	5	0,8	1,2	1,15	77,53	89,5	0,007
	10	2,9	4,1	13,45	68,9	3912,2	0,27

Анализ полученных данных показывает, что в исследованных сосновых культурах средний запас стволовой древесины по трем типам леса в 5-летнем возрасте составляет всего 0,007 м<sup>3</sup> на пробе, в 10-летнем возрасте – 0,27 м<sup>3</sup>. При этом различия в запасах по типам леса связаны не с числом деревьев на пробах, а с морфометрическими показателями сосенок. При этом наблюдается закономерное увеличение запаса древесины по мере улучшения лесорастительных условий от сосняка лишайникового к сосняку разно-

травному для обеих возрастных групп лесных культур.

Полученные показатели запасов стволовой древесины на пробных площадях послужили основой для расчета общей фитомассы и депонированного углерода как на пробной площади, так и на 1 га лесных культур.

В табл. 2 представлены данные по расчету общей фитомассы и депонированного углерода сосновыми культурами разного возраста в различных лесорастительных условиях.

Таблица 2

**Депонирование углерода разновозрастными сосновыми культурами  
II класса бонитета**

Тип леса	Возраст, лет	Запас на пробе, м <sup>3</sup>	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	Фитомасса, т/га	Углерод, т/га
Сосняк лишайниковый	5	0,004	0,4	0,32	0,16
	10	0,22	22,0	17,6	8,8
Сосняк черничный	5	0,007	0,7	0,56	0,28
	10	0,29	29,0	23,2	11,6
Сосняк разнотравный	5	0,009	0,9	0,72	0,36
	10	0,30	30,0	24,0	12,0
Среднее по типам леса	5	0,007	0,7	0,54	0,27
	10	0,27	27,0	21,6	10,8

Из табл. 2 видно, что в среднем по трем типам леса в 5-летних культурах на 1 га накапливается 0,54 т фитомассы, в которой сосредоточено 0,27 т углерода. В 10-летних культурах общая фитомасса составляет 21,6 т на 1 га. В этой фитомассе депонировано 10,8 т углерода. Общая площадь 5-летних углерододепонирующих насаждений, созданных в рамках Киотского протокола, в лесничестве составляет 295 га. Следовательно, за пятилетний период роста ими накоплено 79,7 т углерода. Среднегодовое накопление углерода составило 15,9 т.

Различные части древесного растения (корни, ствол, крона) обладают различной фитомассой и, соответственно, в них сосредоточено различное количество депонированного углерода.

В табл. 3 представлены данные по фитомассе и депонированному углероду отдельных частей разновозрастных древесных растений в трех типах леса.

Из данных табл. 3 видно, что наибольшее количество общей фитомассы по всем типам леса сосредоточено в надземной части деревьев, в среднем около 80,0 %, как для пятилетних, так и для десятилетних лесных культур.

#### **Выводы**

1. Биологическая продуктивность разновозрастных сосновых культур в основном зависит от морфометрических характеристик деревьев.

2. Тип леса также оказывает влияние на фитомассу древостоев сосны. С улучшением лесорастительных условий увеличиваются общая фитомасса и депонированный углерод в лесных культурах.

3. Наибольшее количество фитомассы и депонированного углерода сосредоточено в надземной части лесных культур.

4. В обследованных сосновых культурах в среднем ежегодное накопление фитомассы в первые пять лет составляет 0,11 т/га, в последующие пять лет – 4,32 т/га, соответственно, 0,054 и 2,16 т/га.

Таблица 3

**Фитомасса и депонированный углерод отдельных вегетативных органов  
разновозрастных сосенок**

Тип леса	Части дерева	Возраст культур, лет			
		5		10	
		Фитомасса, т/га	Углерод, т/га	Фитомасса, т/га	Углерод, т/га
Сосняк лишайниковый	Ствол	0,21	0,11	11,44	5,72
	Крона	0,05	0,02	2,64	1,32
	Корни	0,06	0,03	3,52	1,76
Итого		0,32	0,16	17,6	8,8
Сосняк черничный	Ствол	0,36	0,18	15,08	7,54
	Крона	0,09	0,04	3,48	1,74
	Корни	0,11	0,06	4,64	2,32
Итого		0,56	0,28	23,2	11,6
Сосняк разнотравный	Ствол	0,47	0,23	15,6	7,8
	Крона	0,11	0,06	3,6	1,8
	Корни	0,14	0,07	4,8	2,4
Итого		0,72	0,36	24,0	12,0
Среднее по типам леса	Ствол	0,35	0,17	14,04	7,02
	Крона	0,08	0,04	3,24	1,62
	Корни	0,11	0,06	4,32	2,16
Итого		0,54	0,27	21,6	10,8

1. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России / Д.Г. Замолотчиков и др. – М. : ТНИ КМК, 2005. – 200 с.

2. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовозобновления и лесоразведения в России / А.С. Исаев и др. – М. : Центр экологической политики, 1995. – 156 с.

3. Вклад лесов России в углеродный баланс планеты и проблема лесопользования / А.М. Писаренко и др. // Бюл. «Использование и охрана природных ресурсов России». – 2000. – №6. – С. 54–66.

4. Лесные культуры / А.Р. Родин и др. – М. : Изд-во МГУЛ, 2009. – 462 с.

5. Леса России как резервуар органического углерода биосферы / А.И. Уткин и др. // Лесоведение. – 2001. – №5. – С. 8–23.

6. Филипчук, А.Н. Вклад лесов России в углеродный баланс планеты / А.Н. Филипчук, Б.Н. Моисеев // Лесохозяйственная информация. – 2003. – №1. – С. 27–34.

7. Щепашенко, Д.Г. Биологическая продуктивность и бюджет углерода листовых частей лесов северо-востока России / Д.Г. Щепашенко, А.З. Швиденко, В.С. Шалаев. – М. : Изд-во МГУЛ, 2008. – 296 с.

8. Sohngen, B. An optimal control model of forest carbon sequestration / B. Sohngen, R. Mendelsohn // American Journal of Agricultural Economics. – 2003. – V. 85, №2. – P. 448–457.

9. Yarie, J. Carbon balance of the taiga forest within Alaska present and future / J. Yarie, S. Billings // Canadian Journal of Forest Research. – 2002. – V. 32.5. – P. 757–767.

## CARBON DEPOSITION BY UNEVEN-AGE CULTURES OF PINE

B.P. Churakov, E.V. Manyakina

*Ulyanovsk State University*

Character accumulation of the general phytoweight and the deposited carbon is revealed by uneven-age cultures of the pine created within the limits of the International program «Kiotsky woods».

**Keywords:** the general phytoweight, the deposited carbon, cultures, type of forests, conversion factor.