БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 630*52

Д.Н. Клевцов, О.Н. Тюкавина

УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) СРЕДНЕТАЁЖНОГО ЛЕСНОГО РАЙОНА

D.N. Klevtsov, O.N. Tyukavina

CARBON-DEPLETING ABILITY OF SCOTCH PINE CULTURES OVERLAND PHYTOMASS (*PINUS SYLVESTRIS L.)* OF MEDIUM-TAIGA FOREST AREA

Клевцов Д.Н. – канд. с.-х. наук, доц. каф. биологии, экологии и биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск. E-mail: d.klevtsov@narfu.ru

Тюкавина О.Н. – канд. с.-х. наук, доц. каф. биологии, экологии и биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск. E-mail: o.tukavina@narfu.ru

Klevtsov D.N. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Biology, Ecology and Biotechnology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk. E-mail: d.klevtsov@narfu.ru

Tyukavina O.N. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Biology, Ecology and Biotechnology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk. E-mail: o.tukavina@narfu.ru

Цель работы – оценка углерододепонирующей способности фракций фитомассы сосновых насаждений искусственного происхождения по типам леса. Исследования проведены в среднетаёжном лесном районе таёжной лесорастительной зоны европейской части России (Вологодская область, Бабаевский район). Объектами исследований являлись чистые по составу сосновые насаждения искусственного происхождения, созданные методом посева в разных лесорастительных условиях. На пробных площадях отбирали по 10 модельных деревьев, которые разделывали на фракции: сухие сучья, живые ветви, древесная зелень (охвоённые побеги с диаметром у основания не более 0,8 см), кора ствола, древесина ствола. Пофракционную массу измеряли электронным безменом с точностью до 50 г. Запасы углерода, депонированного древесным ярусом изучаемых сосняков, определяли исходя из того, что в 1 кг абсолютно сухой массы сухих сучьев, ветвей, коры и древесины содержится 0,5 кг углерода, а в 1 кг абсолютно сухой массы древесной зелени – 0,45 кг. Содержание сухого вещества в сухих сучьях, ветвях, древесной зелени, коре и древесине принимали в среднем 87, 49, 47, 51 и 52 % соответственно. С улучшением лесорастительных условий углерододепонирующая способность фракций фитомассы сосновых насаждений искусственного происхождения увеличивалась. Так, в сосняке черничном связанный углерод составляет 1,77 т/га/год, а в сосняке лишайниковом – 0,42 т/га/год. Наибольшая доля углерода, депонированного фракциями надземной фитомассы, приходится на древесину ствола (60–76 %). Следующей по величине депонирования углерода фракцией фитомассы является древесная зелень (7–14 %). Кора и ветви депонируют углерод примерно в равных частях. Наименьшая доля приходится на фракцию сухих сучьев (2–7 %).

Ключевые слова*: лесные экосистемы, культуры сосны, лесорастительные условия, фитомасса, депонированный углерод.*

The aim of the study was to assess carbon-depleting ability of phytomass fractions of artificial pine plantations by forest types. The researches were carried out in the mid-taiga forest zone of the taiga forest area in the European part of Russia (Vologda Region, Babaevsky district). The objects of the research were pure artificial pine-tree stands, created by seeding method in various forest-growing conditions. On trial plots, 10 model trees were selected, which were divided into fractions: dry branches, living branches, tree greens (shoots with needles with a diameter at the base of no more than 0.8 cm), bark trunk, wood trunk. Fraction mass was measured by an electronic steelyard with an accuracy of 50 g. The reserves of the carbon deposited by woody layer of studied pine forests defined were determined that in 1 kg of absolutely dry mass of dry boughs, branches, bark and wood 0.5 kg of carbon, and contain in 1 kg of absolutely dry mass of woody greens – 0.45 kg. Dry matter content in dry branches, branches, woody greens, bark and wood was 87, 49, 47, 51 and 52 %, respectively. With the improvement of forest-growing conditions, carbon-depositing ability of phytomass fractions of artificial pine stands increased. So, in bilberry pine forest, bound carbon makes 1.77 t / hectare / a year and in lichen pine forest – 0.42 t / hectare / a year. The greatest share of carbon deposited by the fractions of aboveground phytomass falls on trunk wood (60–76 %). The next largest deposit of carbon made by the fraction of phytomass is woody greens (7–14 %). Bark and branches deposit carbon approximately in equal parts.

The smallest fraction falls on the fraction of dry boughs (2–7 %).

***Keywords**: forest ecosystems, pine cultures, forest conditions, phytomass, deposited carbon.*

Введение. В балансе углекислого газа на Земле ведущая роль в связывании атмосферного CO_2 принадлежит фотосинтезу (99,9 %), неорганические процессы фиксации CO_2 не имеют большого значения (около 0,1 %) [1]. Наибольшая доля поглощения углекислоты приходится на лесные экосистемы, что объясняется высоким коэффициентом эффективности фотосинтеза (0,33 %) [2].

В последние десятилетия существенно повысилось внимание к оценке функциональной экологической роли лесов в связи с глобальной экологической проблемой потепления климата, обусловленного уровнем концентрации углекислого газа в атмосфере. Скорость увеличения количества углекислого газа в атмосфере составляет около 0,1 % в год [3]. Поэтому лесные экосистемы, как непрерывно действующие механизмы по связыванию (депонированию) углекислого газа, стали рассматривать в новом аспекте. При этом сохранение лесов, их лесовосстановление при лесоэксплуатации и лесоразведение рассматриваются как важнейшие звенья в цикле связывания атмосферного углерода, которые позволяют компенсировать мощные выбросы углекислого газа в атмосферу при сжигании органического топлива. Бореальные (таёжные) леса характеризуются наиболее медленной скоростью перемещения углерода: от фиксации при фотосинтезе до освобождения при разложении растительных остатков. В связи с этим лесному покрову северных широт придаётся существенное значение в ослаблении парникового эффекта и стабилизации климата планеты. В.А. Алексеев и Р.А. Бердси [4] отмечают, что установление запасов углерода в растительности лесных экосистем возможно в результате выявления запасов их фитомассы.

При существующем недостатке сведений о реальных запасах фитомассы лесов, несогласованности и разнонаправленности применяемых методик учёта, а также недостаточной точности имеющихся оценок связанного в лесной фитомассе углерода возникают затруднения в прогнозировании глобальной экологической обстановки [5]. В.А. Усольцев [6] отмечает, что проблемы в оценке роли лесов в глобальном углеродном балансе состоят в противоречии между результатами непосредственных измерений и моделированием потоков углерода, поэтому и корректная оценка глобального углеродного баланса и значения в нём леса невозможна. Вместе с тем вполне решаемой задачей является оценка существующих запасов фитомассы лесов, депонирующих около 80 % углерода всей растительности планеты. Поэтому весьма актуальным становится формирование банка данных о фитомассе лесов [7].

Цель исследования. Оценка углерододепонирующей способности фракций фитомассы сосновых насаждений искусственного происхождения по типам леса.

Задачи исследования: определить углерододепонирующую способность фракций фитомассы сосновых насаждений искусственного происхождения в сосняке черничном, сосняке брусничном и сосняке лишайниковом.

Методы исследования. Исследования проведены в среднетаёжном лесном районе таёжной лесорастительной зоны европейской части России (Вологодская область, Бабаевский район). Объектами исследований являлись чистые по составу (в черничном типе леса с незначительной примесью берёзы) сосновые насаждения искусственного происхождения, созданные методом посева в разных лесорастительных условиях. Таксационная характеристика исследованных культур сосны обыкновенной представлена в таблице 1.

В целях получения экспериментальных данных в пределах предварительно подобранных участков культур сосны обыкновенной закладывали пробные площади, на которых проводили комплекс работ. При этом изучение таксационных признаков древостоев выполняли с учётом методических рекомендаций Н.Н. Соколова [8]. Учитывая специфику объектов наблюдения, опирались на методики В.В. Огиевского и А.А. Хирова [9], А.Р. Родина и М.Д. Мерзленко [10], разработанные для обследования и исследования лесных культур.

Таблица 1

Таксационная характеристика объектов наблюдения

Возраст, лет	Первоначальная густота, п.м./га	Состав	Средние		Класс бонитета	Количество деревьев, шт/га	Полнота	Запас, м³/га
			Д, см	Н, м				
Сосняк лишайниковый								
40	6000	10С	6,0	7,4	V	5160	1,0	82
Сосняк брусничный								
40	5000	10С	9,7	12,3	III	3250	1,0	171
Сосняк черничный								
40	5000	9С	14,7	16,6	I	1117	0,7	176
		1Б	17,5	18,7	–	108	0,1	23
		Всего				1225	0,8	199

На каждой пробной площади отбирали по 10 модельных деревьев. Отбор модельных деревьев проводили с использованием полученных рядов распределения деревьев по ступеням диаметра на пробных площадях. При этом в средней ступени отбирали по 2–3 модельных дерева, в остальных по одному. Модельные деревья соответствовали средним условиям роста в пределах ступени диаметра. Каждое модельное дерево выбирали с учетом его состояния (крона должна иметь нормальное развитие, не должно быть повреждений ствола и его усыхания и т.д.).

После отбора и валки модельное дерево подлежало обработке, при которой его разделывали на следующие фракции фитомассы: сухие сучья, живые ветви, древесная зелень (охвоенные побеги с диаметром у основания не более 0,8 см), кора ствола, древесина ствола. Пофракционную массу измеряли электронным безменом с точностью до 50 г.

Данные полевых наблюдений в камеральных условиях обрабатывали с использованием регрессионного метода оценки фитомассы. Итогом проведённых расчётов стали пофракционные запасы надземной фитомассы древесного яруса исследованных сосновых насаждений искусственного происхождения.

Запасы углерода, депонированного древесным ярусом изучаемых сосняков, определяли, используя рассчитанные пофракционные запасы фитомассы. Руководствовались тем, что в 1 кг абсолютно сухой массы сухих сучьев, ветвей, коры и древесины содержится 0,5 кг углерода, а в 1 кг абсолютно сухой массы древесной зелени – 0,45 кг [4, 11, 12]. Содержание сухого вещества в сухих сучьях, ветвях, древесной зелени, коре и древесине принимали в среднем 87, 49, 47, 51 и 52 % соответственно [13, 14].

Результаты исследования и их обсуждение. В разных лесорастительных условиях количественные показатели углеродного пула культур сосны различаются (табл. 2). В сосняках черничных искусственного происхождения углерода депонируется больше по сравнению с сосняками брусничными и с сосняками лишайниковыми на 0,6 и на 1,35 т/га/год соответственно.

М.А. Карасева [15] в результате исследования углерододепонирующей способности искусственно созданных насаждений лиственницы сибирской в Среднем Поволжье отмечает, что основные пулы углерода лесных биогеоценозов связаны в надземной фитомассе. При этом большая доля углерода депонируется древесиной ствола, содержание которой с возрастом в изученных культурфитоценозах возрастает до 80 % от общей надземной фитомассы.

Таблица 2

Углерододепонирующая способность фракций фитомассы сосновых насаждений искусственного происхождения по типам леса, т/га в год

Возраст, лет	Фракции фитомассы					
	Ствол		Крона		Сухие сучья	Всего
	Древесина	Кора	Ветви	Древесная зелень		
Сосняк лишайниковый						
40	0,25 / 59,6*	0,05 / 11,9	0,03 / 7,1	0,06 / 14,3	0,03 / 7,1	0,42 / 100
Сосняк брусничный						
40	0,82 / 70,1	0,10 / 8,6	0,08 / 6,8	0,11 / 9,4	0,06 / 5,1	1,17 / 100
Сосняк черничный						
40	1,34 / 75,7	0,12 / 6,8	0,14 / 7,9	0,13 / 7,3	0,04 / 2,3	1,77 / 100

* В знаменателе приведено процентное выражение.

При изучении культур ели сибирской, произрастающих в южной подзоне тайги Красноярского края, М.А. Люминарская [16] также установила, что в искусственно созданных насаждениях всех возрастов основная доля связанного углерода приходится на ствол (43–71 %), наименьшая на кору (7–11 %). Доля депонирования углерода хвоей уменьшается с увеличением возраста культур.

Рассматривая структуру депонированного фракциями надземной фитомассы углерода изученных нами культур сосны обыкновенной в разных типах условий местопроизрастания, можно отметить, что наибольшая его доля приходится на древесину ствола: от 60 % в сосняке лишайниковом до 76 % в сосняке черничном. Второй по величине депонирования углерода фракцией фитомассы после стволовой древесины является древесная зелень. Здесь доля связанного углерода уменьшается от наименее продуктивного сосняка лишайникового к более производительному сосняку черничному. Указанные тенденции углеродных пулов объясняются общей динамикой биопродукционного процесса в разных лесорастительных условиях.

Кора и ветви депонируют углерод в анализируемых типах лесорастительных условий исследованных сосновых насаждений примерно в равных частях. На фракцию сухих сучьев приходится наименьшая доля (2–7 %) связанного древесным ярусом сосновых культур фитоценозов углерода во всех типах леса.

Выводы. В результате исследований произведена оценка углерододепонирующей способности фракций фитомассы сосновых насаждений искусственного происхождения по типам леса. С улучшением лесорастительных условий углерододепонирующая способность фракций надземной фитомассы древесного яруса культур сосны обыкновенной возрастает. Так, в сосняке черничном связанный углерод составляет 1,77, а в сосняке лишайниковом – 0,42 т/га/год. Наибольшая доля углерода, депонированного фракциями надземной фитомассы, приходится на древесину ствола (60–76 %). Следующей по величине депонирования углерода фракцией фитомассы

является древесная зелень (7–14 %). Кора и ветви депонируют углерод примерно в равных частях. Наименьшая доля приходится на фракцию сухих сучьев (2–7 %).

Литература

1. *Кондрашова Н.Ю.* Роль лесов в углеродном цикле планеты // Роль науки в создании лесов будущего: тез. докл. – Л., 1981. – С. 184.
2. *Саковец В.И., Иванчиков А.А.* Запасы и потоки углерода в лесах Карелии // Проблемы лесоведения и лесоводства. – Архангельск, 2005. – С. 14–16.
3. *Сеннов С.Н.* Влияние лесохозяйственной деятельности на углеродный баланс // Лесное хозяйство. – 1998. – № 5. – С. 25–26.
4. *Алексеев В.А., Бердси Р.А.* Углерод в экосистемах лесов и болот России. – Красноярск: Изд-во Ин-та леса СО РАН, 1994. – 224 с.
5. *Усольцев В.А., Залесов С.В.* Методы определения биологической продуктивности насаждений. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2005. – 147 с.
6. *Усольцев В.А.* Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2001. – 707 с.
7. *Усольцев В.А.* Формирование банков данных о фитомассе лесов. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. – 541 с.
8. *Соколов Н.Н.* Методические указания к дипломному проектированию по таксации пробных площадей. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1978. – 44 с.
9. *Огиевский В.В., Хиров А.А.* Обследование и исследование лесных культур. – Л.: Изд-во ЛТА, 1967. – 50 с.
10. *Родин А.Р., Мерзленко М.Д.* Методические рекомендации по изучению лесных культур старших возрастов. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1983. – 36 с.
11. *Кобак К.И.* Биотические компоненты углеродного цикла. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 248 с.
12. *Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И.* [и др.]. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России // Лесоведение. – 1993. – № 5. – С. 3–10.
13. *Усольцев В.А., Нагимов З.Я.* Методы таксации фитомассы деревьев и древостоев. – Свердловск: Изд-во УЛТИ, 1988. – 86 с.
14. *Бабич Н.А., Мерзленко М.Д., Евдокимов И.В.* Фитомасса культур сосны и ели в европейской части России. – Архангельск, 2004. – 112 с.
15. *Карасева М.А.* Продуктивность и углерододепонирующие функции лиственничных фитоценозов в Среднем Поволжье // Лесной журнал. – 2002. – № 4. – С. 22–27.
16. *Люминарская М.А.* Особенности роста культур ели сибирской в южнотаёжных и лесостепных районах Красноярского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2007. – 22 с.

Literatura

1. *Kondrashova N.Ju.* Rol' lesov v uglerodnom cikle planety // Rol' nauki v sozdanii lesov budushhego: tez. dokl. – L., 1981. – S. 184.
2. *Sakovec V.I., Ivanchikov A.A.* Zapasy i potoki ugleroda v lesah Kare-lii // Problemy lesovedenija i lesovodstva. – Arhangel'sk, 2005. – S. 14–16.
3. *Sennov S.N.* Vlijanie lesohozjajstvennoj dejatel'nosti na uglerodnyj balans // Lesnoe hozjajstvo. – 1998. – № 5. – S. 25–26.
4. *Alekseev V.A., Berdsi R.A.* Uglerod v jekosistemah lesov i bolot Rossii. – Krasnojarsk: Izd-vo In-ta lesa SO RAN, 1994. – 224 s.
5. *Usol'cev V.A., Zalesov S.V.* Metody opredelenija biologicheskoj produktivnosti nasazhdenij. – Ekaterinburg: Izd-vo UGLTU, 2005. – 147 s.
6. *Usol'cev V.A.* Fitomassa lesov Severnoj Evrazii: baza dannyh i geografija. – Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 2001. – 707 s.
7. *Usol'cev V.A.* Formirovanie bankov dannyh o fitomasse lesov. – Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 1998. – 541 s.
8. *Sokolov N.N.* Metodicheskie ukazanija k diplomnomu proektirovaniju po taksacii probnyh ploshhadej. – Arhangel'sk: RIO ALTI, 1978. – 44 s.
9. *Ogievskij V.V., Hirov A.A.* Obsledovanie i issledovanie lesnyh kul'tur. – L.: Izd-vo LTA, 1967. – 50 s.
10. *Rodin A.R., Merzlenko M.D.* Metodicheskie rekomendacii po izucheniju lesnyh kul'tur starshih vozrastov. – M.: Izd-vo VASHNIL, 1983. – 36 s.
11. *Kobak K.I.* Bioticheskie komponenty uglerodnogo cikla. – L.: Gidrometeoizdat, 1988. – 248 s.
12. *Isaev A.S., Korovin G.N., Utkin A.I.* [i dr.]. Ocenka zapasov i godichnogo deponirovanija ugleroda v fitomasse lesnyh jekosistem Rossii // Lesovedenie. – 1993. – № 5. – S. 3–10.
13. *Usol'cev V.A., Nagimov Z.Ja.* Metody taksacii fitomassy derev'ev i drevostoev. – Sverdlovsk: Izd-vo ULTI, 1988. – 86 s.
14. *Babich N.A., Merzlenko M.D., Evdokimov I.V.* Fitomassa kul'tur sosny i eli v evropejskoj chasti Rossii. – Arhangel'sk, 2004. – 112 s.
15. *Karaseva M.A.* Produktivnost' i uglerododeponirujushhie funkcii listvennichnyh fitocenozov v Srednem Povolzh'e // Lesnoj zhurnal. – 2002. – № 4. – S. 22–27.
16. *Ljuminarskaja M.A.* Osobennosti rosta kul'tur eli sibirskoj v juzhno-tajozhnyh i lesostepnyh rajonah Krasnojarskogo kraja: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Krasnojarsk, 2007. – 22 s.