

УДК 630.232 © О.С. Сафронова¹, Е.В. Маркова²,
Н.А. Остапова¹, И.Н. Евсеева¹, Е.А. Моршнева¹, 2024

¹ НИИАП Хакасии – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН,
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия
² ООО «СУЭК-Хакасия», 655162, г. Черногорск,
Республика Хакасия, Россия
✉ e-mail: olya_egoshina@mail.ru

UDC 630.232 © O.S. Safronova¹, E.V. Markova²,
N.A. Ostapova¹, I.N. Evseeva¹, E.A. Morshnev¹, 2024

¹ NIIP of Khakassia – branch of FITC KNC SB RAS, Zelenoe village,
655132, Republic of Khakassia, Russian Federation
² SUEK-Khakassia LLC, Republic of Khakassia, Chernogorsk,
655162, Russian Federation
✉ e-mail: olya_egoshina@mail.ru

Депонирование углерода девятилетними культурами сосны на рекультивированном отвале разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия»

Carbon deposition by nine-year-old pine crops at the reclaimed dump of the «Chernogorsky» section of OOO «SUEK-Khakassia»

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-3-94-96>

САФРОНОВА О.С.

Младший научный сотрудник
НИИАП Хакасии – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН,
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия,
e-mail: olya_egoshina@mail.ru

МАРКОВА Е.В.

Главный эколог
ООО «СУЭК-Хакасия»,
655162, г. Черногорск, Республика Хакасия, Россия,
e-mail: MarkovaEV@suek.ru

ОСТАПОВА Н.А.

Канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
НИИАП Хакасии – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН»,
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия,
e-mail: niterlin@yandex.ru

ЕВСЕЕВА И.Н.

Младший научный сотрудник
НИИАП Хакасии – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН,
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия,
e-mail: evseeirina@yandex.ru

МОРШНЕВ Е.А.

Младший научный сотрудник
НИИАП Хакасии – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН,
655132, с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия,
e-mail: morshnev86@mail.ru

Аннотация

В статье представлены результаты накопления общей фитомассы и депонированного углерода девятилетними культурами *Pinus silvestris* L., высаженными по очаговой технологии на переуплотненных отвалах автомобильной отсыпки.

Ключевые слова: депонирование углерода, очаговая технология рекультивации, переуплотненные отвалы автомобильной отсыпки, *Pinus silvestris* L., общая фитомасса, конверсионный коэффициент.

Для цитирования: Депонирование углерода девятилетними культурами сосны на рекультивированном отвале разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» / О.С. Сафронова, Е.В. Маркова, Н.А. Остапова и др. // Уголь. 2024;(3):94-96. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-94-96.

Abstract

The article presents the results on the accumulation of total phytomass and deposited carbon by 9-year-old *Pinus silvestris* L. crops planted using focal technology on overcompacted automobile dumping dumps.

Keywords

Carbon deposition, focal reclamation technology, overcompacted automotive dumping dumps, *Pinus silvestris* L., total phytomass, conversion coefficient.

For citation

Safronova O.S., Markova E.V., Ostapova N.A., Evseeva I.N., Morshnev E.A. Carbon deposition by nine-year-old pine crops at the reclaimed dump of the «Chernogorsky» section of OOO «SUEK-Khakassia». *Ugol'*. 2024;(3): 94-96. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-94-96.

ВВЕДЕНИЕ

Усиливающиеся техногенные и антропогенные нагрузки оказывают существенное негативное влияние на газовый состав нашей атмосферы [1, 2]. За последние столетия концентрация углекислоты в атмосфере повысилась на 20%, что не сопровождается увеличением запасов фитомассы растительного покрова [3]. Полная деградация природных ландшафтов, которые с большей или меньшей эффективностью вносили свой вклад в секвестрацию углекислого газа, еще более способствует ускорению темпов его эмиссии. Углерод при этом является каркасным элементом органического вещества и потому преобладает в расчете на фитомассу [4].

Леса нашей планеты, являясь одним из главных природных стабилизирующих механизмов, способны компенсировать возросшие выбросы парниковых газов в атмосферу. Поэтому в целях омоложения лесных ресурсов необходимо использовать пустующие земли, в первую очередь – техногенные ландшафты, образующиеся при угледобыче [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На исследуемом участке отвала вскрышных пород разреза «Черногорский» был применен очаговый способ рекультивации горных отвалов, предусматривающий биологическую рекультивацию за счет создания очагов биодинамических сообществ, согласно патенту RU2343286 С1, где 1/5 от гектара (очаги) занята посадками древесно-кустарниковых видов, устойчивых к аридному климату. При этом выбранные виды обладают высокой способностью депонирования углекислого газа, что будет положительно сказываться на углеродном балансе в границах разреза. Материалом для исследования послужили девятилетние посадки сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), созданные в ходе мероприятий по биологической рекультивации очаговым способом на техногенном отвале разреза «Черногорский». В соответствии со шкалой бонитировки ВНИИАЛМИ насаждения относятся к 4 классу бонитета.

Для исследований по депонированию углерода культурами сосны по конверсионно-объемному методу на техногенном отвале разреза «Черногорский» были заложены три повторности размером 10×10 м [6]. На каждой повторности было отобрано по 10 деревьев, у которых измерялись срединный диаметр и высота. Данный метод состоит из двух последовательных этапов – конверсия общих объемных запасов насаждений из объемных единиц в единицы фитомассы и конверсия запасов фитомассы в запасы углерода [5]. В ходе расчетов выводятся средние показатели по запасам насаждений.

Определение объема стволика сосны в лесных культурах проводилось по упрощенному способу срединного сечения (по формуле Губера). В основе 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 определяется умножением объема среднего ствола на число деревьев на повторности. Для перевода запаса древесины на повторности в запас на 1 га необходимо умножить запас древесины на повторности на 100. Для определения фитомассы древостоя использовалась формула (1):

$$M = K \times V, \tag{1}$$

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.

Для определения массы кроны на повторности спиливали скелетные ветви с модельных деревьев с последующей сушкой и взвешиванием. Для определения содержания углерода в фитомассе производят ее умножение на специальный переводный коэффициент, равный 0,5.

При оценке запасов фитомассы и общего депонированного углерода не учитывалась подземная часть дерева из-за высокой каменистости субстрата на отвалах вскрышных пород.

На первом этапе расчетов идет конверсия общих объемных запасов насаждений из объемных единиц в единицы фитомассы (табл. 1).

При анализе данных, полученных в ходе первого этапа, видно, что в исследованных насаждениях сосны обыкновенной в девятилетнем возрасте средний запас стволовой древесины составляет 0,0086 м³ на повторности. Полученные значения запасов стволовой древесины явились основой для расчета суммарной фитомассы и депонированного углерода как на повторности, так и в расчете на гектар насаждений.

На втором этапе расчетов идет конверсия запасов фитомассы в запасы углерода (табл. 2).

В среднем в девятилетних насаждениях сосны накапливается 0,138 т фитомассы на гектар, в которой депонировано углерода 0,069 т/га.

Различные части древесного растения (ствол, крона) обладают различной фитомассой, и соответственно, в них сосредоточено различное количество депонированного углерода [7] (см. рисунок).

Таблица 1

Средние таксационные показатели сосновых культур на пробах

Average taxation indices of pine species on samples

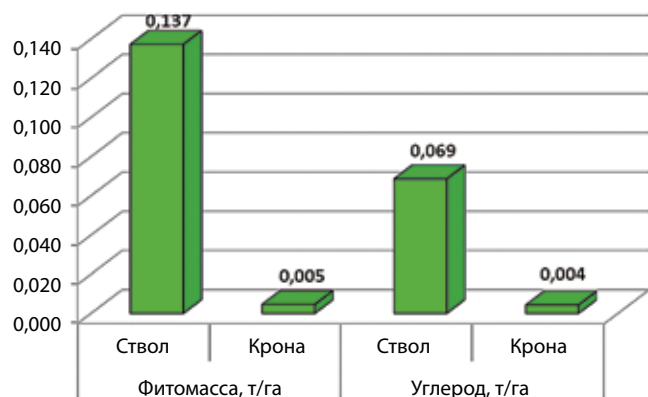
Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Площадь поперечного сечения, см ²	Число деревьев на пробе, шт.	Объем ствола, м ³	Запас древесины на повторности (0,01 га), м ³
9	2,4	2,1	3,846	10	0,00084	0,0084
	2,2	2,2	4,034	10	0,00083	0,0083
	2,2	2,3	4,858	10	0,00091	0,0091
Среднее	2,3	2,2	4,246	–	0,00086	0,0086

Таблица 2

Депонирование углерода сосновыми культурами IV класса бонитета (стволовая часть)

Carbon sequestration by pine species of Growth Class IV (the stem part)

Возраст, лет	Запас древесины на 1 га, м ³	Фитомасса, т/га	Углерод, т/га
9	0,167	0,134	0,067
	0,166	0,133	0,066
	0,182	0,146	0,073
Среднее	0,172	0,138	0,069



Фитомасса и депонированный углерод отдельных вегетативных органов сосновых культур

Phytomass and stored carbon of selected vegetative organs of pine species

В результате анализа полученных данных мы видим, что наибольшее количество фитомассы и депонированного углерода сосредоточено в стволовой части дерева (0,137 т/га, 0,069 т/га, соответственно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биологическая рекультивация на разрезе «Черногорский» проводится в рамках Экологической стратегии компании, что положительно сказывается на снижении углеродного следа производства и восстановлении углеродного баланса.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать к высадке сосну обыкновенную, наиболее подходящую для депонирования углерода в нашем регионе. За девятилетний период роста исследуемого вида масса депонированного углерода в фитомассе составила 0,069 т/га, при этом стволовая часть дерева занимает более 2/3 от общей фитомассы, что делает ее более крупным депо для хранения связанного углерода.

Список литературы • References

1. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России / Д.Г. Замолодчиков, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин и др. М.: ТНИ КМК, 2005. 200 с.
2. Леса России как резервуар органического углерода биосферы / А.И. Уткин, Д.Г. Замолодчиков, О.В. Чесных и др. // Лесоведение. 2001. № 5. С. 8-23.
Utkin A.I., Zamolodchikov D.G., Chesnykh O.V. et al. Russian forests as a reservoir-storage of organic carbon of the biosphere. *Lesovedenie*. 2001;(5):8-23. (In Russ.).

3. Филипчук А.Н., Моисеев Б.Н. Вклад лесов России в углеродный баланс планеты // Лесохозяйственная информация. 2003. № 1. С. 27-34.
Filipchuk A.N., Moiseyev B.N. Contribution of Russian forests to the carbon balance of the planet // *Lesokhozyajstvennaya informatsiya*. 2003;(1):27-34. (In Russ.).
4. Замолодчиков Д.Г. Система оценки и прогноза запасов углерода в лесных экосистемах // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4. С. 15-22.
Zamolodchikov D.G. Systems for estimating and forecasting carbon stocks in forest ecosystems. *Ustojchivoe lesopol'zovanie*. 2011;(4): 15-22. (In Russ.).
5. Уфимцев В.И., Куприянов А.Н. Карбоновые фермы – отвалы угольных предприятий Кузбасса // Уголь. 2021. № 11. С. 56-60. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-56-60.
Ufimtsev V.I., Kupriyanov A.N. Carbon farms-dumps of coal enterprises of Kuzbass. *Ugol'*. 2021;(11):56-60. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-11-56-60.
6. Чураков Б.П., Манякина Е.В. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 1. С. 125-129.
Churakov B.P., Manyakina E.V. Carbon deposition by uneven-age cultures of pine. *Ul'yanovskij mediko-biologicheskij zhurnal*. 2012;(1):125-129. (In Russ.).
7. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А. Методы определения депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов // Лесоведение. 2003. № 1. С. 48-57.
Utkin A.I., Zamolodchikov D.G., Pryazhnikov A.A. Methods for determination of carbon accumulation in phytomass and net productivity of forests (by the example of stands in Republic of Belarus). *Lesovedenie*. 2003; (1):48-57. (In Russ.).

Authors Information

Safronova O.S. – Junior research fellow NIIAP of Khakassia – branch of FITC KNC SB RAS, Zelenoe village, 655132, Republic of Khakassia, Russian Federation, e-mail: olya_egoshina@mail.ru

Markova E.V. – Chief Ecologist of SUEK-Khakassia LLC, Republic of Khakassia, Chernogorsk, 655162, Russian Federation, e-mail: MarkovaEV@suek.ru

Ostapova N.A. – PhD (Engineering), Senior researcher, NIIAP of Khakassia – branch of FITC KNC SB RAS, Zelenoe village, 655132, Republic of Khakassia, Russian Federation, e-mail: niterlin@yandex.ru

Evseeva I.N. – Junior research fellow, NIIAP of Khakassia – branch of FITC KNC SB RAS, Zelenoe village, 655132, Republic of Khakassia, Russian Federation, e-mail: evseeirina@yandex.ru

Morshnev E.A. – Junior research fellow NIIAP of Khakassia – branch of FITC KNC SB RAS, Zelenoe village, 655132, Republic of Khakassia, Russian Federation, e-mail: morshnev86@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.01.2024
Поступила после рецензирования: 15.02.2024
Принята к публикации: 26.02.2024

Paper info

Received January 25, 2024
Reviewed February 15, 2024
Accepted February 26, 2024