

С. В. Жила^{1}, Г. А. Иванова¹*

Воздействие высокоинтенсивных пожаров на баланс углерода в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск,
Российская Федерация
*e-mail: getgain@mail.ru

Аннотация. Представленное исследование посвящено оценке воздействия пожаров высокой интенсивности на баланс углерода в сосновых и смешанных лиственничных насаждениях Нижнего Приангарья. В ходе анализа данных полученных в результате экспериментов по моделированию лесных пожаров, проведенных в этих насаждениях, дана оценка воздействия пожаров высокой интенсивности на баланс углерода южнотаёжных сосняков и лиственничников. Баланс углерода на экспериментальных участках до пожара характеризуется как положительный, система функционировала в качестве стока для атмосферного углерода. При пожаре высокой интенсивности происходит значительное повреждение древостоя, приводящее к уменьшению накопления углерода атмосферы и как следствие переход экосистемы сразу после пирогенного воздействия в состояние источника углерода. Эмиссия углерода при пожаре высокой интенсивности в 15 раз превышает ежегодные потери при разложении органического вещества до пирогенного воздействия.

Ключевые слова: баланс углерода, органическое вещество, минерализационный поток, лесной пожар

S. V. Zhila^{1}, G. A. Ivanova¹*

The Impact of high-intensity fires on the carbon storage in light conifers stands of the Lower Angara region

¹V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation
*e-mail: getgain@mail.ru

Abstract. The present study is devoted to assessing the impact of high-intensity fires on the carbon storage in pine and mixed larch stands in the Lower Angara region. An analysis of the data obtained as a result of experiments on modeling forest fires, which were carried out on the territory of Siberia in the years 2002-2007. An assessment was made of the impact of fires of different intensity on the carbon storage of southern taiga pine and mixed-larch stands. The carbon storage in the experimental plots before the fire is characterized as positive: the system functions as a sink for atmospheric carbon. In a high-intensity fire, significant damage to the forest stand occurs, leading to a decrease in the accumulation of carbon in the atmosphere and, as a result, the transition of the ecosystem immediately after the pyrogenic impact to the state of a carbon source. The carbon emission from the high-intensity fire is 15 times higher than the annual losses from organic matter decomposition to pyrogenic impact.

Keyword: carbon storage, organic matter, mineralization flow, forest fire

Введение

Цикл углерода определяется балансом между поглощением углерода надземной растительностью и эмиссией при разложении органического веще-

ства. Разность между этими показателями обуславливает изменения запасов углерода в экосистеме и определяет ее роль в биосфере [1, 2]. Органическое вещество в лесных экосистемах накапливается в древесной и травянистой растительности и почве [1, 3].

Накопление органического вещества в почве определяется, главным образом, соотношением между количеством поступившего в почву органического материала в течение года и его убылью в результате процессов минерализации. Установлено, что в сформировавшемся биогеоценозе количество поступившего за год опада равно массе подстилки, которая подверглась деструкции за данный период времени [1, 2, 4].

Такие факторы, как пожары, насекомые, болезни и антропогенные воздействия оказывают существенное влияние на цикл углерода в результате изменения круговорота питательных веществ [1, 4]

В настоящее время опубликовано значительное количество работ по определению статуса лесных экосистем не только в региональном [1, 4], но и в глобальном цикле углерода [2]. Эти работы в большинстве своем представляют собой экспертные оценки глобального баланса углерода.

Лесные пожары способствуют переходу экосистемы в состояние источника углерода в атмосферу [4]. В связи с вышесказанным, целью наших исследований являлись оценка углеродного цикла на различных этапах послепожарного развития.

Методы и материалы

Исследования проведены в сосняках и лиственничниках Нижнего Приангарья Красноярского края. Экспериментальные участки площадью 1 га каждый, располагались в бассейне реки Ангары. Лесоводственно-таксационное описание древостоев на экспериментальных участках проводили по методике В. Н. Сукачева, С. В. Зонна и Г. П. Мотовилова [5]. Ниже в статье приведены данные по двум участкам (в сосняке и лиственничнике), на которых развились высокоинтенсивные пожары.

Сосняк лишайниково-зеленомошный (участок №1) на песчаных подзолах занимает плоскую ровную ступень склона и пройден пожаром более 80 лет назад (в 1922 году). В напочвенном покрове преобладает бруснично-зеленомошно-лишайниковая растительность. Моховой покров до 60 %, с преобладанием *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. Проективное покрытие лишайников – 40 %, с доминированием лишайников вида *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F.H.Wigg.

Лиственничник бруснично-разнотравно-зеленомошный (участок №2) произрастает на дерново-карбонатных почвах. Древостой сложный по структуре и составу, разновозрастный, II-III класса бонитета. В первом ярусе доминировали лиственница и сосна (140-150 лет), отдельные деревья достигали возраста 200-300 лет. В составе древостоя встречались ель и пихта. Второй ярус представлен хвойными и лиственными породами, в составе присутствуют пихта, ель, кедр, сосна, лиственница, береза и осина, возраст которых составляет 40-50 лет. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует таежное мелкотравье и брусника. Мо-

ховой покров хорошо развит, общее проективное покрытие до 100 %, доминируют *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., единично встречается *Peltigera canina* (L.) Willd. Последний пожар был зарегистрирован в 1953 году.

Фитомассу древостоя оценивали методом перечислительной таксации с взятием модельных деревьев по ступеням толщины и взятием модельных деревьев. Также взяты модели подроста по грациям высот [6]. При оценке структуры и фитомассы напочвенного покрова использовали методики Н. П. Курбатского и Д. Дж. Макрея [6, 7, 8].

Оценка баланса углерода в сосновых и лиственничных насаждениях Нижнего Приангарья была произведена на основе балансово-весового метода оценки биомассы насаждений и её изменения под воздействием низовых пожаров разной интенсивности [3]. Годичный прирост фитомассы в лесной экосистеме и скорость разложения определяли по общепринятым методикам [1, 3, 4].

На участках были проведены эксперименты по моделированию поведения пожаров при разных погодных условиях. Эксперименты представляли собой контролируемые выжигания, при которых кромка горения распространялась по ветру [9]. Согласно классификации лесных пожаров по интенсивности на наших экспериментальных участках развились высокоинтенсивные низовые пожары (более 4001 кВт/м), при которых наблюдался переброс огня в кроны деревьев [10]. После пожаров на экспериментальных участках проводили мониторинг состояния компонентов насаждения и их фитомассы.

Результаты

До пожара первичная продукция в сосняках варьировала от 1143 до 1846 кг С га⁻¹ год⁻¹. При этом минерализационный поток при разложении растительных материалов составил от 671 до 914 кг С га⁻¹ год⁻¹. Основная масса разлагающегося материала (65-82 %) приходилась на подстилку, которая представлена растительными остатками разной степени разложения [11]. На рисунке 1 приведены составляющие баланса углерода на участке в сосняке до пожара (рис. 1).

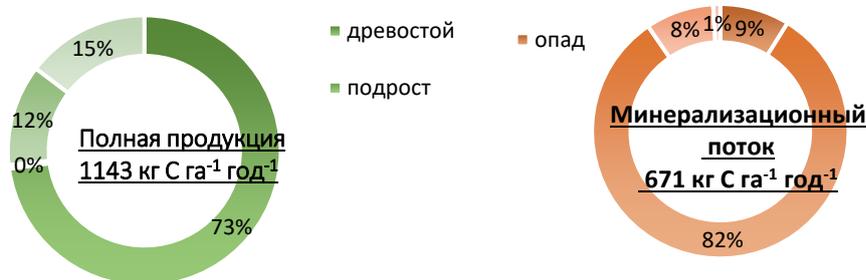


Рис. 1. Составляющие баланса углерода до пожара в сосняке

В смешанных лиственничных насаждениях показатель первичной продукции до пожара достигал от 1910 до 3056 кг С га⁻¹ год⁻¹. Основной вклад в данный

показатель вносили древостой первого и второго яруса (до 80 %). Минерализационный поток варьировал от 994 до 1333 кг С га⁻¹ год⁻¹. Значительная доля приходилась на подстилку и древесные остатки разной степени деструкции (до 50 % и 30 %, соответственно) [11]. На рисунке 2 приведены составляющие баланса углерода на участке в лиственничнике до пожара (рис. 2).

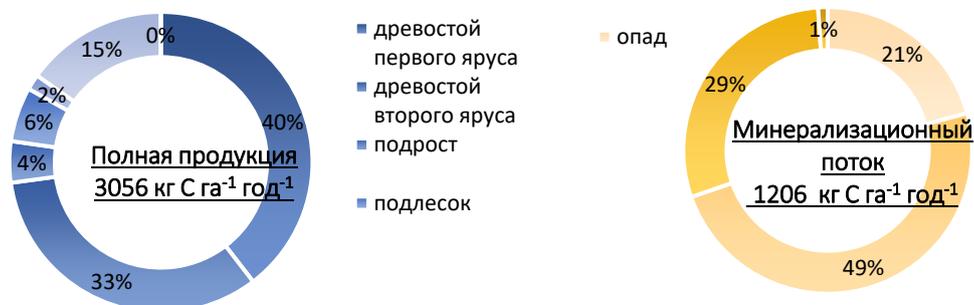


Рис. 2. Составляющие баланса углерода до пожара в лиственничниках (участок № 5)

При пожарах высокой интенсивности эмиссия углерода при горении напочвенного покрова в 13-15 раз превышала ежегодные потери от разложения органического вещества до пирогенного воздействия [12]. При этом сразу после пожара приходная часть углеродного баланса уменьшилась за счет сгорания живого напочвенного покрова, минерализационный поток снизился до 2,5 раза за счет сгорания подстилки, упавших ветвей и валежа. Нарушения древесного яруса привели к тому, что данные экосистемы стали функционировать как источник углерода в атмосферу. На следующий после пожара год интенсивность минерализационного потока увеличилась, как в сосняках, так и лиственничниках. Лесная экосистема на данном этапе характеризовалась разложением погибшей от огня растительности [11]. Также в связи с гибелью древостоя способность данных экосистем к накоплению углерода снизилась (рис. 3, 4).

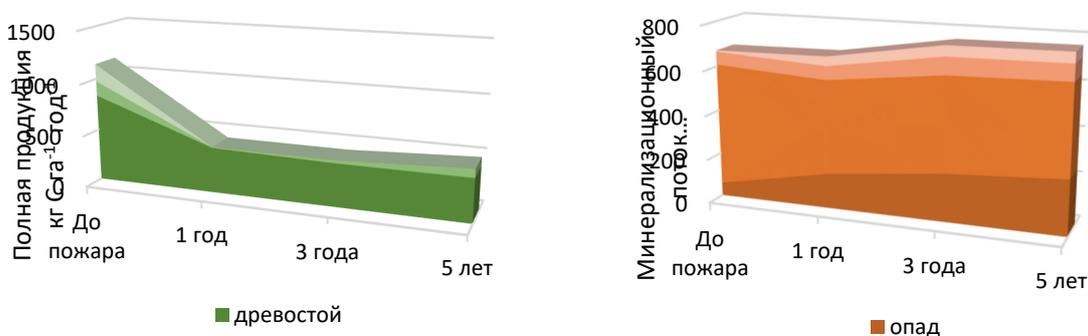


Рис. 3. Составляющие баланса углерода после пожара высокой интенсивности в сосняке

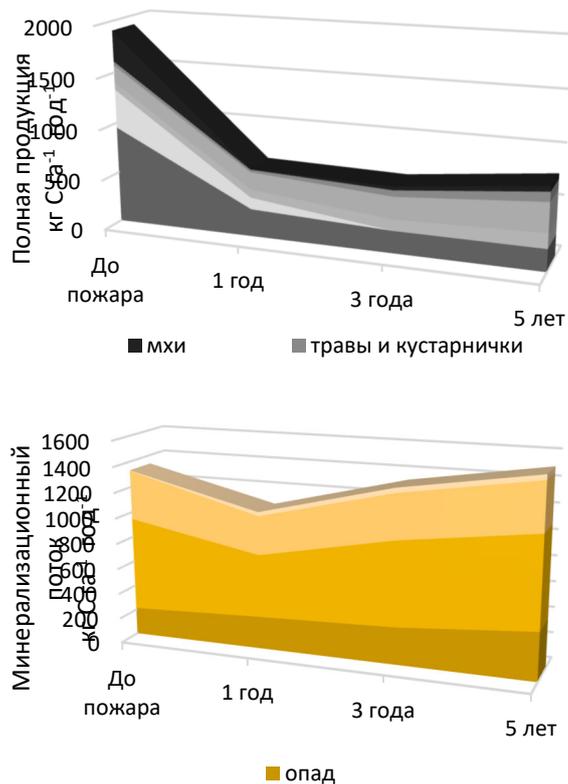


Рис. 4. Составляющие баланса углерода после пожара высокой интенсивности в лиственничнике

Обсуждения

Баланс углерода на всех экспериментальных участках до пожара характеризовался как положительный: система функционировала в качестве стока для атмосферного углерода. В них закреплялось до 30 % первичной продукции экосистемы.

Интенсивность потоков углерода на экспериментальных участках определяется состоянием древостоя (густотой и охвоенностью деревьев и наличием подроста), который является главным накопителем углерода атмосферы. В текущем приросте хвои в сосняках до пожара закрепляется 25-45 %, напочвенном покрове – 28-40 % углерода органического вещества.

Эмиссия углерода при горении напочвенного покрова при пожарах высокой интенсивности, до 15 раз превышает естественный годовой минерализационный поток от разложения органического вещества до пирогенного воздействия. После высокоинтенсивного пожара экосистема южнотаежных сосняков и лиственничников становится источником для атмосферного углерода в отличие от насаждений, пройденных низкоинтенсивными пожарами.

Заключение

Таким образом, лесные пожары в значительной степени определяют статус экосистемы посредством воздействия на компоненты насаждения путем сгорания растительных материалов, обуславливая послепожарный отпад деревьев и последующее накопление фитомассы.

Функционирование экосистемы как источника или стока для углерода атмосферы определяется пирогенным воздействием и состоянием насаждений до пожара.

При пожаре высокой интенсивности происходит значительное повреждение компонентов насаждения, приводящее к уменьшению запасов углерода и депонирующей функции древостоя, и, как следствие, переход экосистемы после пирогенного воздействия в состояние источника углерода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ведрова Э. Ф., Стаканов В. Д., Плешиков Ф. И. Закономерности изменения пула углерода в бореальных лесах // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – С. 206-221.

2. Dolman A. J., Shvidenko A., Schepaschenco D., Ciais P., Tchepakova N., Chen T., M. K. van der Molen, Belelli Marchesini L., Maximov T. C., Maksyutov S., Schulze E. D. An estimate of the terrestrial carbon budget of Russia using inventory-based, eddy covariance and inversion methods // Biogeosciences. 2012. – V. 9. – № 12. – P. 5323-5340.

3. Трефилова О. В. Годичный цикл углерода в сосняках Средней тайги Приенисейской Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2006. – 17 с.

4. Ведрова Э. Ф., Евдокименко М. Д., Безкоровайная И. Н., Мухортова Л. В., Чередникова Ю. С. Запасы углерода в органическом веществе послепожарных сосняков Юго-Западного Прибайкалья // Лесоведение, 2012. – № 1. – С. 3-13.

5. Сукачев В. Н., Зонн С. В., Мотовилов Г. П. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд. АН СССР, 1957. – 115 с.

6. Курбатский Н. П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД, 1970. – С.5-58.

7. McRae D. J., Alexander M. E., Stocks B. J. Measurement of fuels and fire behavior on prescribed burns / A Handbook. Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., Sault Ste. Marie, ON, Inf. Rep. O-X-287, 1979. – 44 p.

8. Van Wagner C. E. The line intersect method in forest fuel sampling // Forest Sci, 1968. – V.14. – P. 20-26.

9. Byram G. M. Forest fire control and use // New York, Toronto, London, McGraw-Hill Book Co, 1959. – P. 61-89.

10. Иванова Г. А., Кукавская Е. А., Безкоровайная И. Н., Богородская А. В., Жила С. В., Иванов В. А., Ковалева Н. М., Краснощекрва Е. Н., Тарасов П. А. Воздействие пожаров на светлохвойные леса Нижнего Приангарья. Новосибирск: Наука, 2022. – 204.

11. Жила С. В. Трансформация фитомассы в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья под воздействием пожаров: диссертация ... кандидата биологических наук: 06.03.02 / Жила Сергей Викторович; [Место защиты: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН]. – Красноярск, 2013. – 190 с.

12. Иванова Г. А., Жила С. В., Кукавская Е. А., Иванов В.А. Постпирогенная трансформация фитомассы древостоя в насаждениях Нижнего Приангарья // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал – 2016, – № 6. – С. 17-32.

© С. В. Жила, Г. А. Иванова, 2023