

Д. В. Шебеко^{2}, В. А. Иванов^{1, 2}, Г. А. Иванова¹, Е. О. Бакшеева²*

Выбросы парниковых газов от лесных пожаров на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района

¹Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск,
Российская Федерация

²Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика
М. Ф. Решетнева, г. Красноярск,
Российская Федерация
*e-mail: 2288401@bk.ru

Аннотация. В работе приведены оценки выбросов парниковых газов от лесных пожаров на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района. По данным «ИСДМ-Рослесхоз» ежегодно на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района возникают лесные пожары. За пятилетний период с 2018 по 2022 гг. было зарегистрировано более 1300 пожаров. Площади, пройденные лесными пожарами, за этот период составили 87 тыс. га. В статье приведены расчеты эмиссии от пожаров в насаждениях лесного района. За рассматриваемый пятилетний период по расчетным данным выдвинулось при лесных пожарах более 1.2 млн. т. парниковых газов. Наибольшая доля эмиссии при пожарах (более 95 %) приходится на весенний пожароопасный период. Выявлено, что благоприятные условия рассеивания эмиссий от лесных пожаров на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района наблюдаются в весенний период.

Ключевые слова: насаждения, лесные пожары, пожароопасный период, лесные горючие материалы, пожарные эмиссии, парниковые газы, самоочищение атмосферы.

D. V. Shebeko^{2}, V. A. Ivanov^{1, 2}, G. A. Ivanova Иванов¹, E. O. Baksheeva²*

Greenhouse gas emissions from forest fires in the Central Siberian subtaiga-forest-steppe region

¹Institute of Forestry named after. V. N. Sukacheva SB RAS, Krasnoyarsk,
Russian Federation

²Siberian State University of Science and Technology named after. academician
M. F. Reshetneva, Krasnoyarsk, Russian Federation
*e-mail: 2288401@bk.ru

Annotation. The paper provides estimates of greenhouse gas emissions from forest fires in the Central Siberian subtaiga-forest-steppe region. According to ISDM-Rosleskhoz, forest fires occur annually in the Central Siberian subtaiga-forest-steppe region. Over the five-year period from 2018 to 2022. More than 1,300 fires were recorded. The areas covered by forest fires during this period amounted to 87 thousand hectares. The article provides calculations of emissions from fires in forest areas. Over the five-year period under consideration, according to calculated data, more than 1.2 million tons of greenhouse gases were released during forest fires. The largest share of emissions from fires (more than 95%) occurs in the spring fire-dangerous period. It was revealed that favorable conditions for the dispersion of emissions from forest fires on the territory of the Central Siberian subtaiga-forest-steppe region are observed in the spring.

Keywords: plantings, forest fires, fire hazard period, forest combustible materials, fire emissions, greenhouse gases, self-purification of the atmosphere.

Введение

Проблема качества атмосферного воздуха является актуальной в связи с необходимостью обеспечения благоприятных условий проживания населения и сохранения экосистем. Наиболее разрушительным видом воздействия на лесные экосистемы и атмосферу являются пожары, которые вызывают кратковременные выбросы углерода в атмосферу [1, 2]. В результате действия природных пожаров возникает задымленность лесных территорий, Пожары, особенно длительные, значительно изменяют состав воздуха. Выбросы газообразных и дисперсных продуктов горения в атмосферу от лесных пожаров, пагубно влияют на состояние здоровья людей и экологическую ситуацию в целом.

Методы и материалы

Для анализа горимости лесов Среднесибирского подтаежно-лесостепного района Красноярского края были использованы открытые данные о лесных пожарах за 2018-2022 гг., а также сведения о погоде по данным «ИСДМ-Рослесхоз» Открытые данные - [Электронный ресурс]: https://public.aviales.ru/main_pages/public.shtml (дата обращения: 11.08.2022) и литературные источники. Для определения массового выброса парниковых газов мы применяли расчетный метод, основанный на использовании данных о составе лесных горючих материалов (ЛГМ), их запасах и характере пожара. Расчет объемов выбросов парниковых газов проводили по рекомендациям МГЭИК [3] и методике, утвержденной Приказом Минприроды России от 27.05.2022 N 371 [4], которые устанавливают общие требования к расчету выбросов парниковых газов в атмосферу при неконтролируемом горении растительных горючих материалов при лесных пожарах разных типов (низовых, верховых и торфяных). Для оценки запасов ЛГМ для лесостепных насаждений, использованы опубликованные ранее данные [5, 6, 7]. Долю компонентов ЛГМ, сгорающих при пожарах, для насаждений определяли при осмотре пожарищ и на основе опубликованных данных [8, 9]. Для оценки экологического состояния атмосферы мы использовали коэффициент самоочищения [10]. Метеорологические показатели по температуре и осадкам были проанализированные по метеостанциям Ачинск, Красноярск и Канск. Открытые данные. [Электронный ресурс]: [https:// rp5.ru](https://rp5.ru) (дата обращения 05.03.2024 г.).

Результаты и обсуждение

Территория Среднесибирского подтаежно-лесостепного района в границах Красноярского края составляет свыше 3 млн. га. Преобладают сосновые и березовые насаждения, но значительно представлены и еловые. Местность равнинная, средний класс природной пожарной опасности 2.8, степень нарушенности лесов средняя, плотность населения высокая [7]. Несмотря на относительную однородность территории лесного района по природным условиям, горимость лесов варьирует в широких пределах. За период с 2018 по 2022 гг. было зарегистри-

ровано около 1300 пожаров на площади более 87 тыс. га (рис. 1). Средняя площадь одного пожара за пятилетие составила 67 га, с колебаниями от 9.3 га в 2021 г. до 233 га в 2022 г. На территории лесного района за период 2018 - 2022 гг. пройдено низовыми пожарами 98 % лесной площади. Верховые пожары были зарегистрированы только в 2022 году, в сосновых насаждениях на площади 2.2 тыс. га.

Период повышенной пожарной опасности в лесах района приходится на весенний период (апрель-май) пожароопасного сезона. Пройденная пожарами площадь в весенний период составляет до 95 % от общей площади всех пожаров в весенне-осенний период пожары имели, беглую форму слабой силы, а в летний период устойчивую форму. Средняя продолжительность фактического пожароопасного составляет 150 дней. Основными виновниками пожаров являются люди.

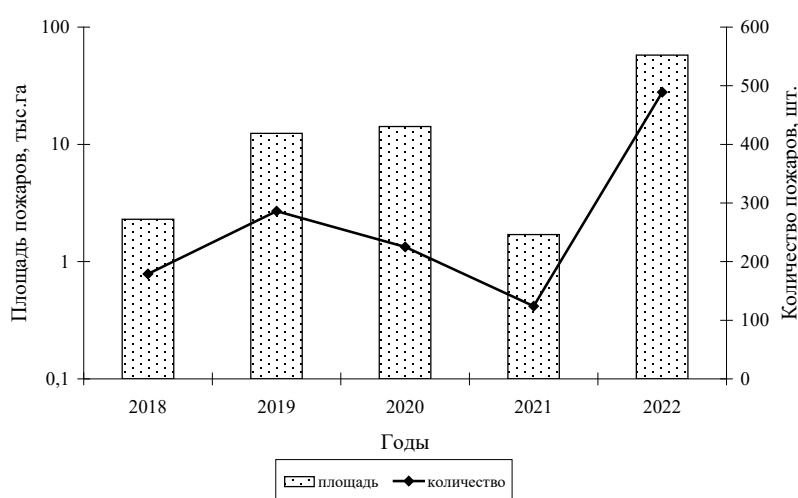


Рис. 1. Динамика горимости лесов Среднесибирского подтаежно-лесостепного района за 2018-2022 гг.

Наиболее горимыми являются сосновые и березовые насаждения, соответственно, 59 % и 35 % от общей площади, пройденной пожарами. На территории района преобладают насаждения с травяным напочвенным покровом (табл. 1).

Количество пожарных эмиссий зависит от типа леса, массы сгоревших горючих материалов, вида и формы пожара, метеорологических условий и режимов горения [11, 12, 13]. На полноту сгорания лесных горючих материалов оказывает влияние множество факторов, но преобладающим является их влагосодержание, которое определяется погодными условиями [14].

По мнению Н.С. Смирнова [15] расчет выбросов пожарных эмиссий должен проводиться с учетом пожароопасного периода и погодных условий, предшествующих пожару. В весенний период, после схода снега, опад быстро достигает состояния пожарной зрелости, но при этом подстилка может находиться в замерзшем состоянии или быть пропитанной растаявшим снегом и влажной. В лет-

ний период наблюдается минимальное влагосодержание опада и подстилки, а осенью их влагосодержание возрастает вследствие частых дождей.

Таблица 1

Распределение ежегодной площади пожаров (га), в насаждениях Среднесибирского подтаежно-лесостепного района

Годы	Насаждения			Итого
	сосновые	еловые	березовые	
2018	981.5	24.8	1250.1	34970.3
2019	8446.9	107.4	3777.8	12332.1
2020	8042.2	107.4	5923.2	13996.2
2021	410.3	10.5	781.8	1202.6
2022	410.3	763.0	23237.4	57765.0
Всего, га	51645.5	763.0	34970.3	87552.3

Распределение площади пожаров по периодам пожароопасного сезона и классам пожарной опасности по условиям погоды на территории лесного района приведено в табл. 2. Наибольшее количество пожаров зарегистрировано при 3 и 4 классах пожарной опасности, когда опад и верхний слой подстилки достигают состояния пожарной зрелости. Пройденная пожарами площадь при этом превышала 67.6 тыс. га или 77 % от площади всех пожаров за рассматриваемый период.

Таблица 2

Сезонное распределение площади пожаров (га) по классам пожарной опасности и периодам пожароопасного сезона

Пожаро-опасный период	Класс пожарной опасности по условиям погоды					Всего
	I	II	III	IV	V	
Весенний	8310.6	10881.8	55377.3	9321.7	0	83891.4
Летний	127.1	540.4	1037	1762.2	16	3482.7
Осенний	28.9	1.4	114	33.9	0	178.2
Всего	8466.6	11423.6	56528.3	11117.8	16	87552.3

Расчетное количество сгоревших ЛГМ при пожарах в насаждениях 2018-2022 гг. в зависимости от класса пожарной опасности по условиям погоды и площади пожаров приведено в таблице 3.

Таблица 3

Количество сгоревших ЛГМ при лесных пожарах за 2018-2022 год, т.

Пожароопасный период	Класс пожарной опасности по условиям погоды					Всего:
	I	II	III	IV	V	
Весенний период	30320.7	63790.8	464793.3	84749.3		643654.1
Летний период	2045.9	9423.3	14099.7	3278.5	27.7	28875.1
Осенний период	154.4	10.7	1250.6	437.6		1853.3
Всего:	32521	73224,8	480143.6	88465.4	27.7	674382.5

Количество сгоревших ЛГМ при пожарах за пятилетний период - более 674 тыс. тонн. Наибольшая доля сгоревших ЛГМ приходится на весенний период - более 643.6 тыс. тонн, на который приходится и максимальная площадь, пройденная пожарами.

За период 2018 - 2022 гг. выброс эмиссии парниковых газов от лесных пожаров составил 1224 тыс. т. (табл. 4). Максимальный объем эмиссии 804.8 тыс. т. был в 2022 г., а минимальный 13.5 тыс. т. в 2021 г. При этом газы CO₂ –CO составляли за пятилетие 1218 тыс. т. или более 99 % от всех выбросов.

Таблица 4

Эмиссии парниковых газов при лесных пожарах, т.

Год	Выбросы парниковых газов и сажи, т.						Всего
	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	Сажа	
2018	25502.34	1739.16	76.39	4.22	48.75	9.11	27379.97
2019	168138.14	11466.38	503.65	27.85	321.47	60.0	180517.49
2020	184149.28	12558.29	551.1	30.51	352.09	66.82	197708.09
2021	12635.3	861.67	37.83	2.08	24.14	4.5	13565.52
2022	749650.93	51123.4	2245.6	124.22	1433.35	281.7	804859.20
Всего	1140075.9	77748.90	3414.57	188.88	2179.80	422.13	1224030.27

В среднем эмиссия парниковых газов от лесных низовых пожаров за рассматриваемый период варьировала по годам от 11.3 т/га до 14.6 т/га. Выброс эмиссии парниковых газов в весенний период составил 13.7 т/га, в летний – 19.5 т/га, а в осенний 17.4 т/га, что близко к оценкам эмиссии от пожаров, которые составляют в среднем от 16 - 18 т/га для Сибири [9]. Объем эмиссий от пожаров в отдельные годы может превышать минимальные значения более чем в 33 раза.

Определена количественная оценка метеорологических условий самоочищения атмосферы (Км) от пожарных эмиссий за период 2018 -2022 гг. Пожары в 65 % случаев регистрируются на расстоянии от 0.1 до 5 км от населенного пункта. Экологическое состояние атмосферы для данного лесного района очень актуально.

В западной части лесного района (м/с. Ачинск) и в его восточной части (м/с Канск) в период с 2018 по 2022 гг. наблюдались благоприятные условия для их рассеивания ($K_m \geq 1.2$) в наиболее пожароопасный весенний период. Ограниченно благоприятные и благоприятные условия для их рассеивания наблюдались в этих районах в отдельные годы и в летний и осенний периоды. В центральной части лесного района (м/с. Опытное поле, Красноярск) только в весенний период регистрировались ограниченно благоприятные условия рассеивания, а в остальные периоды пожароопасного сезона погодные условия не способствовали очищению атмосферы ($K_m < 0.8$), исключение составил летний период 2022 года ($K_m \geq 2.5$).

Заключение

Таким образом, наши расчеты показали, что на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района выбросы эмиссии парниковых газов от лесных пожаров в 2018 - 2022 гг. составили более 1223 тыс. тонн. Наибольший объем выбросов эмиссий от лесных пожаров (94 %) приходится на весенний пожароопасный период. В среднем за период 2018—2022 гг. эмиссии от пожаров на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района составили 14 т/га. Коэффициент самоочищения атмосферы существенно изменяется по территории и по периодам пожароопасного сезона. Наиболее неблагоприятные условия самоочищения атмосферы формируются в течение всего пожароопасного сезона в центральной части лесного района, где наблюдается значительная концентрация населения и промышленных объектов, что требует увеличения эффективности охраны лесов от пожаров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kasischke E.S., Christensen N.L. and Stocks B.J. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests. Ecological Applications.—1995.—N5(2).—Pp.437-451.
2. Буряк Л. В. Зонально-географические особенности воздействия пожаров на лесообразование светлохвойных насаждений юга Сибири. – Новосибирск: Наука, 2022. – 284 с.
3. Софронов М. А., Швиденко А. З., Голдаммер И. Г., Волокитина А. В. Влияние пожаров на баланс углерода в бореальной зоне северной Евразии: создание информационной базы для моделей. Лесоведение, 2000. № 4. С. 3-8
4. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Т. 4. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. М. : МГЭИК. 2006
5. Приказ Минприроды России от 27.05.2022 N 371 "Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов»
6. Курбатский Н. П., Иванова Г. А. Пожароопасность сосняков лесостепи и пути ее снижения. Красноярск:ИЛид СО АН СССР, 1987.-112 с

7. Лесные горючие материалы и пожароопасность насаждений Сибири: Справочник учебный/ В.А. Иванов, Г.А. Иванова, С.А. Москальченко, Н.А. Коршунов; СибГУ им. М.Ф. Решетнева – Красноярск, 2017. 93 с.
8. Иванова Г. А., Иванов А. В. Пожары в сосновых лесах Средней Сибири. Новосибирск: Наука, 2015. 240 с.
9. Ponomarev E., Yakimov N., Ponomareva T., Yakubailik O., Conard S.G. Current trend of carbon emissions from wildfires in Siberia // Atmosphere. 2021. Vol. 12 (5). Article 559.
10. Переведенцев Ю. П., Хабутдинов Ю. Г. Метеорологический потенциал самоочищения и качество атмосферного воздуха в Казани в последние десятилетия. Вестник Удмуртского университета, 2012. №3. С: 23–28.
11. Иванов А. В., Макаров В. И. Оценка объема эмиссий при сгорании некоторых видов лесных горючих материалов // Оптика атмосферы и океана.–2002.–Том 15.–№5-6.–С. 488-490.
12. Куценогий К. П., Самсонов Ю. Н., Чуркина Т. В., Иванов А. В., Иванов В. А. Содержание микроэлементов в аэрозольной эмиссии при пожарах в бореальных лесах Центральной Сибири // Оптика атмосферы и океана.–2003.–Т.16.–№ 5-6.–С. 461-465.
13. Samsonov Y.N., K. P. Koutsenogii, V.I. Makarov, A. V. Ivanov, V. A. Ivanov, D. J. McRae, S.G. Conard, S.P. Baker, and G. A. Ivanova. Particulate emissions from fires in central Siberian Scots pine forests / Canadian journal of forest research.–2005.–Vol.35, №9. Pages 2207-2217.
14. Курбатский Н. П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов. // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1970. С. 5–58.
15. Смирнов Н. С. В. Н. Коротков, А. А. Романовская Выбросы черного углерода от природных пожаров на землях лесного фонда Российской Федерации в 2007—2012 гг. // Метеорология и гидрология 2015. №7 . С. 5-17.

© Д. В Шебеко, В. А. Иванов, Г. А. Иванова, Е. О. Бакшеева, 2024