

Влияние климатических изменений на частоту и интенсивность лесных пожаров: перспективы, последствия и риски

П. О. Постникова¹, С. П. Парникова², Н. И. Тананаев^{2,3}, О. Т. Парфенова²

¹Республиканский лицей-интернат, ²СВФУ им. М. К. Аммосова,

³Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск, Россия

Аннотация. В России в 2021 году произошли одни из самых масштабных лесных пожаров в стране за последние десятилетия. Площадь, пройденная огнем в Республике Саха (Якутия), составила почти 8 млн га. Официальной причиной считается несанкционированное выжигание сухой травы на сельскохозяйственных угодьях. Следует рассмотреть другие факторы, влияющие на рост числа пожаров и площадь их распространения. В данной статье проведен анализ воздействия изменения климата на частоту и силу лесных пожаров. Исследованы последствия изменения климата на лесные экосистемы, возможное увеличение вероятности возникновения лесных пожаров и представлен размер экономического ущерба от чрезвычайной ситуации за последние годы. Также в работе представлен анализ изменения средней месячной температуры на территории Республики Саха (Якутия) по данным климатического моделирования, на основе которого выявлены возможные изменения числа лесных пожаров вследствие изменения температуры. Предложены рекомендации по уменьшению рисков и адаптации к изменяющимся климатическим условиям в контексте лесных пожаров.

Ключевые слова: лесные пожары, изменения климата, Республика Саха (Якутия), средняя годовая температура, сценарий устойчивого развития.

Работа подготовлена в рамках научно-исследовательской работы «Адаптация к чрезвычайным ситуациям природного характера в условиях новой климатической экономики» (программа «Сириус.Лето: начни свой проект. Сезон 2023-2024»).

Impact of climate change on the frequency and intensity of forest fires: perspectives, consequences and risks

P.O. Postnikova¹, S.P. Parnikova², N.I. Tananaev^{2,3}, O.T. Parfenova²

¹Republic's Boarding Lyceum, Yakutsk, Russia

²M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

³Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia

Abstract. In Russia, the year 2021 saw some of the largest forest fires in the country in decades. The area covered by fire in the Sakha Republic (Yakutia) amounted to almost 8 million hectares. The official cause was considered to be unauthorized burning of dry grass on agricultural lands. Other factors influencing the growth of the number of fires and the area of their spread should be considered. This article analyzes the impact of climate change on the frequency and severity of forest fires. The effects of climate change on forest ecosystems, the possible increase in the probability of forest fires and the amount of economic damage from the emergency situation in recent years were analyzed. The paper also presents an analysis of changes in the average monthly temperature on the territory of the Sakha Republic (Yakutia) according to climate modeling data, based on which possible changes in the number of forest fires due to temperature changes were identified. Recommendations for risk reduction and adaptation to changing climatic conditions in the context of forest fires are proposed.

Keywords: forest fires, climate change, Sakha Republic (Yakutia), average annual temperature, sustainable development scenario.

The paper was prepared within the framework of the research work «Adaptation to natural emergencies in the new climate economy» (program «Sirius.Leto: Start your project. Season 2023/2024»).

Введение

В России и в Республике Саха (Якутия) лесные пожары представляют серьезную угрозу природе. Они наносят значительный ущерб экосистеме, уничтожая растения и заготовленную древесину. В результате пожаров страдают важные свойства леса, фауна и населенные пункты. Двумя основными причинами возникновения лесных пожаров являются деятельность человека и природные факторы (грозовые разряды). Сухие грозы являются следствием высокой температуры и низкой влажности воздуха, что так часто происходит летом в Якутии. Однако эти факторы и повышают вероятность возгораний, связанных с деятельностью людей, создавая предпосылки высокой горимости лесов.

В Якутии фиксируются циклы высокой горимости длительностью 4-6 лет и 10-14 лет, которые в большинстве случаев совпадают с природными процессами, накоплением горючего материала и уровнем влажности [7]. Максимумы горимости лесов коррелируют с минимумами осадков в период повышенной пожароопасности и коэффициентом увлажнения.

Природные условия так же играют ключевую роль в распространении лесных пожаров [10]. Жара и ветер создают прямую угрозу выгорания леса на больших площадях, затрудняют борьбу с огнем [2]. Последнее засушливое лето в Якутии до 2020 года отмечалось в 1998 году, а такой засушливый июнь, как в 2020 году, был в последний раз в XIX веке [1]. За последние 150 лет такой сильной засушливой и жаркой погоды в Якутии, как в 2020 году, не наблюдалось, даже на Полюсе холода, – в Оймяконе температура достигала +38°C, что признано Всемирной метеорологической организацией рекордно высокой температурой на широте севернее Северного полярного круга. В последние годы лесопожарная ситуация стабилизировалась: в 2022 году площадь, пройденная пожарами, составила 578 846,71 гектара, в 2023 году – 1 428 076,5 гектара.

Климат оказывает сильное влияние на пожарную обстановку: всё чаще наступают периоды засухи, жары и ураганных ветров, это создает условия, при которых любой пожар может быстро развиваться [6]. В связи с этим важным оказывается вопрос оценки ожидаемых изменений климата в регионе.

Основная часть

Природные особенности Якутии – сочетание многолетней мерзлоты с недостатком атмосферного увлажнения и засушливым климатом – обусловили естественные причины для возникновения и распространения лесных пожаров.

Общая площадь земель лесного фонда Республики Саха (Якутия) составляет 252 818,9 тыс. га или 82 % от всей площади республики. Значительную площадь земель лесного фонда занимают леса – 63,2 % (159 803,5 тыс. га) и прочие угодья – 29,8 % (75 371,4 тыс. га) [1]. По всей территории Якутии преобладают лиственничные леса – 90,5 % площади основных лесобразующих пород и 77,6 % от всей покрытой лесной растительностью площади республики. Вторая по распространенности порода – сосна (7,3 %).

Ущерб, причиненный лесному фонду и не входящим в лесной фонд лесам в результате пожара, – это фактические или косвенные потери, выраженные в денежной форме, в том числе невыгодные имущественные последствия или отрицательные экологические последствия [9].

В Якутии экономический ущерб от лесных пожаров за 2019-2022 гг. оценивают примерно в 9 млрд руб. В 2019 году он составил 1,5 миллиарда рублей, в 2020 году – 3,4 миллиарда, в 2021 – 3,1 миллиарда, а в 2022 – 1,7 миллиарда [7] (табл. 1).

Таблица 1

Динамика экономического ущерба от лесных пожаров

Год	Ущерб от лесных пожаров, тыс. руб.	Абсолютное откл.(+,-)	Темп изменения, %
2019	1 576 809,54	-	-
2020	3 456 353,00	2 666 687,46	437,69
2021	3 105 429,03	-350 923,97	89,85
2022	1 768 630,08	-1 336 798,95	56,95

В суммарном расчете в 2020 г. по сравнению с 2019 г. ущерб увеличился на 437,69%. В последующем мы видим положительную динамику, так в 2021 году ущербы снизились на 351 млн руб., а в 2022 г. на 1337 млн руб.

В таблице 2 представлены статистические данные о площадях лесных пожаров и отклонениях от средних показателей годовой температуры за 2011 – 2022 годы. Самые масштабные пожары были в 2021 году (7989,09737 тыс. га). Самое сильное отклонение температуры от климатической нормы произошло в 2020 году (3,5 – 5,1 °С).

Таблица 2

Отношение площади лесных пожаров и отклонения от средних показателей годовой температуры

Год	Площадь лесных пожаров, тыс. га	Число лесных пожаров в РС (Я)	Отклонение от средних показателей годовой температуры, °С
2011	413,137	511	2 – 4
2012	157,6307	342	1 – 2
2013	674,374	388	1 – 2
2014	949,542	306	0,4 – 2,1
2015	17,986	224	1,2 – 2,5
2016	11,847	157	0,2 – 2,6
2017	626,5639	634	1,4 – 2,9
2018	2859,235	642	1,2 – 2,8
2019	3195,4902	1865	0,8 – 3,0
2020	4812,0215	2061	3,5 – 5,1
2021	7989,09737	1697	0,5 – 2,1
2022	560,1	564	0,6 – 1,5

Есть факторы, кроме среднегодовой температуры, способствующие повышенной горимости лесов не только в пожарные годы, но и в предшествующие им. Так, череда жарких лет с 2015 по 2020 гг. и недостаточное увлажнение в эти годы привели к иссушению почвы, что принесло накопительный эффект и повлекло катастрофические пожары 2021 г. Обращает на себя внимание, что при большем количестве пожаров в 2020 г. площадь, пройденная ими, оказалась меньше, чем в 2021 г. (табл. 2); аналогичная ситуация отмечается при сравнении 2017 и 2018 гг. Предполагаем, что при снижении вклада других факторов пожарной опасности, на первый план в 2018 и 2021 гг. выходит увеличение скорости ветра, что способствует активному продвижению фронта пожара.

Для выявления возможного изменения количества лесных пожаров вследствие повышения либо снижения температуры нами рассмотрен прогноз, построенный по сценарию

устойчивого развития SSP1-2.6, по которому цель нулевых выбросов углекислого газа достигается после 2050 года. Этот сценарий представляет социально-экономические тенденции к устойчивому развитию и стабилизацию повышения температуры на уровне около 2°C. Потребление ориентировано на минимизацию использования материальных ресурсов и энергии.

Информационной базой изменения среднемесячной температуры воздуха по экономическим зонам Республики Саха (Якутия) послужили данные климатического моделирования, предоставленные кандидатом географических наук, доцентом Института естественных наук СВФУ Н.И. Тананаевым для межрегионального конкурса разработок в области применения геоинформационных технологий и представлены в веб-ГИС «Климат Якутии» [8]. Используются данные климатической модели CNRM-CM6-1-HR, разработанной французским метеорологическим агентством Météo France, которая ранее успешно себя показала на территории центральной Якутии.

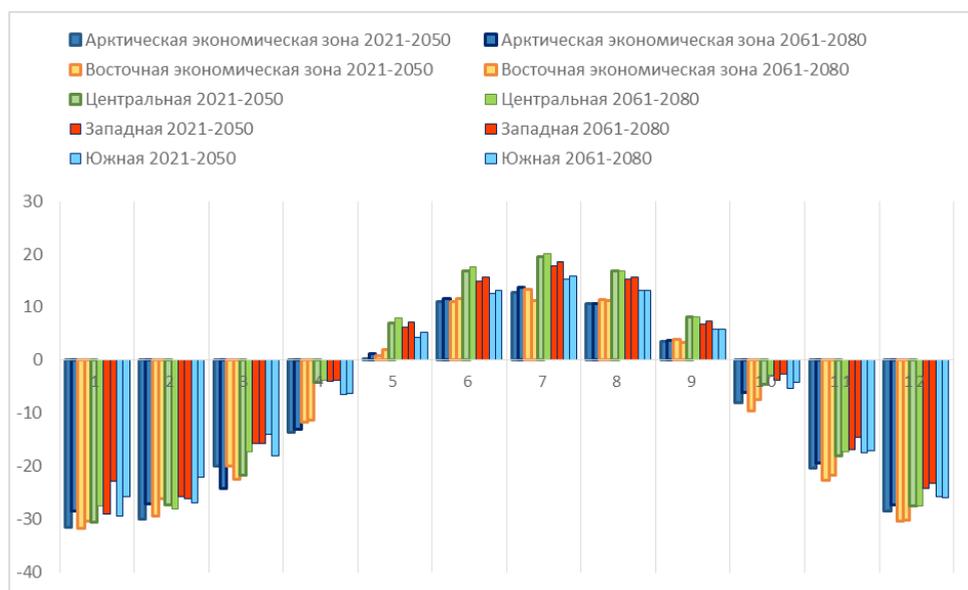


Рис. 1. Прогноз средней температуры по экономическим зонам Республики Саха (Якутия) по месяцам за период 2021-2050 гг.

На рисунке 1 можно заметить, что в Арктической экономической зоне Якутии прогнозируется увеличение средней температуры воздуха на 4°C в марте месяца за период с 2021 г. по 2050 г. В Восточной экономической зоне самые большие отклонения температуры (2°C) наблюдаются в марте за этот же период. В Центральной экономической зоне региона присутствуют изменения (4°C) в январе и марте. В Западной экономической зоне Республики Саха (Якутия) между периодами с 2021-2050 и 2061-2080 в январе возникает различие в 1,5°C. В Южной экономической зоне наблюдается повышение температуры на 4°C в марте месяце. Среднегодовая температура воздуха за период с 2021 по 2050 гг. составит -7,13 °С, за период с 2061 по 2080 гг. – -6,28°C.

В общих чертах во всех экономических районах присутствует существенное, по сравнению с остальными месяцами, повышение температуры за период с 2061 г. по 2080 г. в январе, феврале и марте от 2°C до 5°C. В экономической зоне регионов в летние периоды присутствуют незначительные изменения от 1-2°C.

Таким образом, даже в благоприятном сценарии прогноза средней температуры воздуха наблюдается существенное потепление в зимние месяцы. Это может повлечь за собой увеличение риска лесных пожаров в экономических зонах. Так, например, более раннее таяние снега приводит к увеличению периода для высыхания растительности, что увеличивает количество сухого материала, который подвержен возгоранию. А более раннее начало пожароопасного сезона может увеличить период, в течение которого могут происходить пожары.

Для уменьшения рисков и адаптации к изменяющимся климатическим условиям в контексте лесных пожаров, можно предложить следующие рекомендации:

1. Мониторинг погоды: развитие и улучшение систем метеорологического мониторинга для более точного прогнозирования погоды и климатических аномалий.

2. Лесоустройство: проактивное управление лесными ресурсами, поддержание здоровья лесов путем тонкой рубки и лесоустройства, чтобы уменьшить накопление горючего материала.

3. Образование и информирование: проведение образовательных кампаний и информационной работы с населением о мероприятиях по предотвращению пожаров и мерах безопасности.

4. Готовность и реагирование: развитие планов готовности к лесным пожарам и обучение населения методам эвакуации и защиты от пожаров.

5. Система раннего предупреждения: развертывание современных систем мониторинга и раннего предупреждения лесных пожаров для оперативной реакции на угрозу.

Ограничение данного исследования – использование данных только одной климатической модели, пусть даже одной из оптимальных для региона. В дальнейшем необходимо переходить на использование сценарных прогнозов с использованием регионального ансамбля моделей, который даст более взвешенную оценку климатических изменений будущего. Необходимо также продолжать исследования в области климатических изменений и их воздействия на пожарную безопасность, чтобы адаптировать стратегии предотвращения и тушения лесных пожаров к новым реалиям.

Заключение

Лесные пожары на территории Республики Саха (Якутия) представляют серьезную угрозу экосистеме и жизни людей, особенно в условиях засушливого климата и ограниченного уровня атмосферного увлажнения. Общая площадь земель лесного фонда в Якутии составляет значительную часть территории республики, что делает управление лесными пожарами еще более важным. Исследование показало, что изменения климата, включая увеличение температуры и сухие грозы, играют ключевую роль в возникновении лесных пожаров.

На основании предоставленной информации был проведен анализ количества лесных пожаров и отклонений от средних показателей годовой температуры за период с 2011 по 2022 год. Было установлено, что самые масштабные пожары произошли в 2021 году, а самое сильное отклонение температуры в положительную сторону было в 2020 г.

Основываясь на прогнозе температуры по сценарию устойчивого развития, можно предположить, что даже в наиболее оптимистическом сценарии климатического будущего также возможен рост числа пожаров при увеличении среднегодовой температуры воздуха и незначительном увеличении суммы годовых осадков.

Литература

1. Абдурагимов, И.М. Новая стратегия и тактика тушения лесных пожаров // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т.20, №2 – С. 44-48.
2. Алымов, В.Т., Тарасова, Н.П. Техногенный риск. Анализ и оценка. – Москва: ИКЦ «Академ-книга», 2004.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2021 году».
4. Ионова, М.Н., Дегтева, Ж.Ф. Применение дистанционного зондирования для мониторинга зеленых насаждений города Якутска // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. –2020. – № 4 (20). – С. 57-64.
5. Отчет о деятельности министерства экологии, природопользования и лесного хозяйства РС(Я). – URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/deyat/Otcheti-v-Pravitelystvo-RS-->
6. Федоров, А.Н., Мачимура, Т., Герасимов, Е.Ю., Петров, М.И., Константинов, П.Я., Ивахана, Г., Хаясака, Х., Кушида, К., Такакай, Ф., Десяткин, А., Сайто, Х. Влияние пожаров на мерзлотные ландшафты в Центральной Якутии // Наука и образование. – 2008. – № 4. – С. 64–72.
7. Аммосова С.П. Почему горят леса Якутии / ЛесПромИнформ. – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=6011> (дата обращения: 24.02.2024)
8. Веб-ГИС «Климат Якутии. – URL: https://rsfnfu211700250.nextgis.com/resource/92/display?base=basemap_0&lon=134.1815&lat=68.7814&angle=0&zoom=4&styles=99,94,101,109,107,105,103&annot=no&panel=none (дата доступа: 25.02.2024 г.).
9. Приказ Рослесхоза от 03.04.1998 N 53 «Об утверждении Инструкции по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами». URL: <https://docs.cntd.ru/document/901863083> (дата обращения: 18.02.2024)
10. Приказ Рослесхоза от 28.12.2020 №1186. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_393861/f2334f76fb1da60ea5b49865b525ac1a3d8b34ec/ (дата обращения: 18.02.2024).
11. Narita D., Gavriilyeva T., Isaev A. Impacts and management of forest fires in the Republic of Sakha, Russia: A local perspective for a global problem. Polar Science. 27 (2021). – URL: <https://doi.org/10.1016/j.polar.2020.100573>.

References

1. Abduragimov, I.M. Novaja strategija i taktika tushenija lesnyh pozharov // Pozharovzryvobezopasnost'. – 2011. – Т.20, №2 – С. 44-48.
2. Alymov, V.T., Tarasova, N.P. Tehnogennyj risk. Analiz i ocenka. – Moskva: IKC «Akademkniga», 2004.
3. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ohrane okruzhajushhej sredy Respubliki Saha (Jakutija) v 2021 godu».
4. Ionova, M.N., Degteva, Zh.F. Primenenie distancionnogo zondirovanija dlja monitoringa zelenyh nasazhdenij goroda Jakutska // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Serija: Nauki o Zemle. –2020. – № 4 (20). – С. 57-64.
5. Otchet o dejatel'nosti ministerstva jekologii, prirodnopol'zovanija i lesnogo hozjajstva RS(Ja). – URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/deyat/Otcheti-v-Pravitelystvo-RS-->
6. Fedorov, A.N., Machimura, T., Gerasimov, E.Ju., Petrov, M.I., Konstantinov, P.Ja., Ivahana, G., Hajasaka, X., Kushida, K., Takakaj, F., Desjatkin, A., Sajto, X. Vlijanie pozharov na merzlotnye landshafty v Central'noj Jakutii // Nauka i obrazovanie. – 2008. – № 4. – С. 64–72.
7. Ammosova S.P. Pochemu gorjat lesa Jakutii / LesPromInform. – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=6011> (data obrashhenija: 24.02.2024)
8. Veb-GIS «Klimat Jakutii. – URL: https://rsfnfu211700250.nextgis.com/resource/92/display?base=basemap_0&lon=134.1815&lat=68.7814&angle=0&zoom=4&styles=99,94,101,109,107,105,103&annot=no&panel=none (data dostupa: 25.02.2024 g.).
9. Prikaz Rosleshoza ot 03.04.1998 N 53 «Ob utverzhdenii Instrukcii po opredeleniju ushherba, prichinjaemogo lesnymi pozharami». URL: <https://docs.cntd.ru/document/901863083> (data obrashhenija: 18.02.2024)

10. Prikaz Rosleshoza ot 28.12.2020 №1186. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_393861/f2334f76fb1da60ea5b49865b525ac1a3d8b34ec/ (data obrashhenija: 18.02.2024).

11. Narita D., Gavrilyeva T., Isaev A. Impacts and management of forest fires in the Republic of Sakha, Russia: A local perspective for a global problem. *Polar Science*. 27 (2021). – URL: <https://doi.org/10.1016/j.polar.2020.100573>.

ПОСТНИКОВА Полина Олеговна – ученица 11 инженерного класса, Республиканский лицей-интернат, г. Якутск.

E-mail: polinapostnikova11@mail.ru

POSTNIKOVA Polina Olegovna – 11th-grade student, Republic's Boarding Lyceum, Yakutsk.

ПАРНИКОВА Сайаана Петровна – магистрант 2 курса Финансово-экономического института, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова.

E-mail: psayaana@mail.ru

PARNIKOVA Sayaana Petrovna – 2nd-year Master's student, Institute of Finances and Economics, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University.

ТАНАНАЕВ Никита Иванович – заведующий лабораторией по изучению климата и экосистем северных регионов Института естественных наук, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова., ведущий научный сотрудник, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

E-mail: tanni@s-vfu.ru

TANANAEV Nikita Ivanovich – Head, Research Laboratory of Climate and Northern Regions Ecosystems, Institute of Natural Sciences, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University; Leading Researcher, Melnikov Permafrost Institute SB RAS.

ПАРФЕНОВА Ольга Терентьевна – доцент кафедры «Экономика и управление развитием территорий» Финансово-экономического института, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова.

E-mail: ot.parfenova@s-vfu.ru

PARFENOVA Olga Terentyevna – Associate Professor, Department of Economics and Management of Territorial Development, Institute of Finances and Economics, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University.