

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/11>

УДК 630*614.841.2+632.7.04/08



Временные закономерности горимости лесов, нарушенных энтомовредителями, на территории подтаёжной зоны Средней Сибири

Александра И. Мельник¹✉, aleksandrana2013@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1673-1639>

Андрей А. Вайс¹, vais6365@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4965-3670>

Павел В. Михайлов¹, mihaylov.p.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3967-0709>

Владислав В. Селиванов¹, selivan23.04@mail.ru

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037, Российская Федерация

Обеспечение сохранности и устойчивого функционирования лесных насаждений имеет ключевое значение в противодействии усугубляющимся климатическим изменениям. Поддерживая экологический баланс, лесные экосистемы обеспечивают стабильность природных процессов. Помимо промышленной эксплуатации лесов, основными факторами сокращения лесопокрытых площадей являются лесные пожары, массовые вспышки насекомых, и распространение болезней. К наиболее вредоносным видам, поражающим темнохвойные насаждения на территории подтаёжной зоны Средней Сибири, относятся сибирский шелкопряд (*Dendrolimus sibiricus* Tschetv.) и полиграф уссурийский (*Polygraphus proximus* Blandford). Актуальным направлением является поиск взаимосвязей между повреждениями энтомовредителей и горимостью лесов, что позволит улучшить прогнозирование пожарной опасности в лесных насаждениях и в формировании обоснованных мер противопожарной защиты. В исследовании использовались данные о лесных пожарах за 2000–2023 гг. с применением общеизвестной методики вычисления показателя горимости, а также сведения о погоде (согласно корреляционному анализу выявлена слабая взаимосвязь – коэффициент равен 0,23). Анализ по повреждениям лесных насаждений проведен по данным Федерального агентства лесного хозяйства России «Рослесхоз». На основе анализа количественных показателей выявлено, что в насаждениях, пострадавших от сибирского шелкопряда (*D. sibiricus* T.), вероятность возникновения пожаров существенно возрастает через 2 года после повреждения, а в пихтовых насаждениях, пострадавших от полиграфа уссурийского (*P. proximus* B.), – преимущественно на 8-й год. Предполагается тенденция к увеличению частоты и горимости в повреждённых насаждениях при современном уровне лесной охраны. Для снижения негативных последствий необходим комплекс профилактических и хозяйственных мероприятий, разрабатываемых лесным хозяйством. Полученные результаты способствуют улучшению понимания влияния энтомовредителей на лесную пожароопасность и могут быть применены в управлении лесными ресурсами подтаёжной зоны Средней Сибири.

Ключевые слова: лесной пожар, энтомовредитель, горимость лесов, инвазия, темнохвойные леса, сибирский шелкопряд, *Dendrolimus sibiricus* Tschetv., полиграф уссурийский, *Polygraphus proximus* Blandford, пожарная опасность

Финансирование: Исследование проводилось в рамках государственного задания, установленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, для реализации проекта «Динамика восстановления таежных лесов Центральной Сибири, нарушенных энтомовредителями» (№ FEFE–2024–0029) коллективом научной лаборатории «Лесных экосистем».

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Временные закономерности горимости лесов, нарушенных энтомовредителями, на территории подтаёжной зоны Средней Сибири / А. И. Мельник, А. А. Вайс, П. В. Михайлов, В. В. Селиванов // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 4 (60). – С. 180-201. – Библиогр.: с. 196-200 (32 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/11>.

Поступила 13.10.2025. Пересмотрена 15.11.2025. Принята 30.11.2025. Опубликовано онлайн 26.12.2025.

Article

Temporal patterns of wildfire occurrence in forests disturbed by pests in the subtaiga zone of Central Siberia

Alexandra I. Melnik¹, aleksandrana2013@gmail.com, 0000-0002-1673-1639

Andrey A. Vais¹, vais6365@mail.ru, 0000-0003-4965-3670

Pavel V. Mikhailov¹, mihaylov.p.v@mail.ru, 0000-0003-3967-0709

Vladislav V. Selivanov¹, selivan23.04@mail.ru

¹*Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation*

Abstract

Ensuring the conservation and sustainable functioning of forest ecosystems is key to achieving climate mitigation. By maintaining ecological balance, forests stabilize natural processes. In addition to forest exploitation, wildfires, pest and disease outbreaks are the main factors in reforestation. The most harmful species affecting dark coniferous forests in the subtaiga zone of Central Siberia include the Siberian moth (*Dendrolimus sibiricus* Tschetv.) and the four-eyed fir bark beetle (*Polygraphus proximus* Blandford). The search for relationships between damage caused by pests and forest flammability is a current trend. This will improve fire danger forecasting and the development of effective fire protection measures. The study examined forest fire data from 2000 to 2023, employing a recognized method to calculate the flammability index and incorporating weather data. The analysis of forest stand damage was carried out using data from the Federal Agency for Forestry (Rosleskhoz). Analysis of quantitative indicators revealed that the probability of fires increases significantly two years after damage to forests disturbed by the Siberian moth (*D. sibiricus* T.), and mainly in the eighth year for fir forests damaged by the four-eyed fir bark beetle (*P. proximus* B.). Given the current level of forest protection, an increase in the frequency of fires in pest-disturbed forests is expected. In order to mitigate the negative consequences, a variety of preventive measures and forest management strategies are required. The results obtained improve our understanding of the impact of pests on forest fire hazard, and can be applied to forestry in the subtaiga zone of Central Siberia.

Keywords: forest fire, pest, forest flammability, invasion, dark coniferous forests, Siberian moth, *Dendrolimus sibiricus* Tschetv., four-eyed fir bark beetle, *Polygraphus proximus* Blandford, fire hazard

Funding: The research was carried out within the project «Dynamics of restoration of Central Siberian taiga forests disturbed by insect pests» (№ FEFE-2024-0029) within the framework of the state assignment, set out by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, for the implementation by the Scientific Laboratory of Forest Ecosystems.

Acknowledgments: the authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Melnik A.I., Vais A.A., Mikhailov P.V., Selivanov V.V. (2025). Temporal patterns of wildfire occurrence in forests disturbed by pests in the subtaiga zone of Central Siberia. Forestry Engineering journal, Vol. 15, No. 4 (60), pp. 180-201 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.4/11>.

Received 13.10.2025.

Revised 15.11.2025.

Accepted 30.11.2025.

Published online 26.12.2025.

Введение

В настоящее время важной задачей лесного хозяйства является сохранение лесных насаждений. С 2019 года в нашей стране осуществляется федеральный проект «Сохранение лесов», который в 2024 продлен на период 2025–2030 гг. Проект предусматривает ряд задач, направленных на естественное и искусственное лесовосстановление, на своевременную заготовку спелой и перестойной древесины, на оснащение специализированной лесопожарной техникой и оборудованием для проведения комплекса мероприятий по охране лесов от пожаров.

Российские ученые внесли значительный вклад в изучение последствий изменения климата для бореальных лесов. Одной из основополагающих работ является исследование Швиденко А.З. и Щепченко Д.Г. (2013) [1], в котором была дана комплексная оценка пожарной ситуации в лесах России. Авторы установили, что в период с 1998 по 2010 гг. в стране ежегодно выгорало в среднем 8,2 млн га растительности, причем на леса приходилось около половины этой площади. Это приводило к значительным выбросам углерода – в среднем $(1,21 \pm 0,28) \cdot 10^8$ т С в год. Важным выводом работы стал прогноз, основанный на данных моделей общей циркуляции, о возможности «драматического усиления пожарных режимов» к концу XXI века, что может привести к масштабной потере лесного покрова. В качестве меры противодействия авторы предложили стратегию перехода к адаптивному лесному хозяйству [1].

Более позднее исследование Липки О.Н. и др. (2021) [2], развивает идею адаптивного управления, концентрируясь на роли лесов в адаптации природных систем в целом. Коллектив авторов подчеркивает, что леса выступают не только как

пассивный объект воздействия, но и как активный компонент, стабилизирующий климатические изменения, например, за счет секвестрации углерода. В работе рассматриваются механизмы повышения устойчивости лесных экосистем и анализируются различные сценарии их адаптации, что является логическим продолжением и углублением тезисов, выдвинутых ранее [2].

Исследование Прожериной Н.А. и Наквасиной Е.Н. (2022) смещает фокус с экосистемного на видовой и внутривидовой уровень. Авторы анализируют влияние изменения климата на адаптацию и изменчивость хвойных видов в европейской части Севера России. Ключевой вывод заключается в том, что реакция лесных пород будет неоднородной и зависит от географического происхождения популяции и ее генетических характеристик (фенотипическая пластичность). Авторы отмечают, что в условиях устойчивого потепления продуктивность лесов может возрасти благодаря удлинению вегетационного периода, однако в регионах с учащением засух она, напротив, может снизиться. Это требует учета внутривидовой изменчивости при планировании лесовосстановительных мероприятий [3].

Зарубежные исследования вносят важный вклад в развитие методов прогнозирования и моделирования пожарных рисков. Так, Chen et al. (2022) предложили усовершенствованную модель для прогнозирования лесных пожаров в Центральном и Северном Китае. Их инновация заключается во введении в модель фактора времени, прошедшего с момента последних осадков («time-decaying precipitation»), что позволило значительно повысить точность прогноза пожарной опасности по сравнению с традиционными методами [4].

Работа Lohmander et al. (2022) демонстрирует применение климатических сценариев для прогнозирования лесных пожаров в Центрально-Богемском регионе Чехии. Авторы не только связывают частоту и интенсивность пожаров с изменением климата, но и добавляют важный экономический и управленческий аспект – анализ зависимости ущерба от времени атаки (время, необходимое для обнаружения и тушения пожара). Это подчеркивает необходимость инвестиций в систему раннего обнаружения и быстрого реагирования [5].

Широкомасштабный подход характерен для исследования Pokharel et al. (2023), которые разработали климатически-чувствительные модели оценки пожарного риска и смертности деревьев для лесов США. Эти модели интегрированы в систему прогнозирования углеродного баланса лесов, что позволяет оценивать не только непосредственный ущерб от пожаров, но и их долгосрочное влияние на углеродный цикл в условиях меняющегося климата [6].

Проведенный анализ показывает, что современные исследования единодушно подтверждают тесную связь между изменением климата и усилением пожароопасности в лесных экосистемах. Российские работы Швиденко А.З. и Щепашенко Д.Г. (2013), Липки О.Н. и др (2021) и Прожериной Н.А. и Наквасиной Е.Н. (2022) закладывают теоретическую и эмпирическую базу для понимания проблемы в бореальных лесах, акцентируя необходимость перехода к адаптивному управлению и учету генетико-экологических особенностей древесных пород. Международные исследования Chen et al. (2022), Lohmander et al. (2022) и Pokharel et al. (2023) дополняют эту картину, развивая сложные методы прогнозирования и включая экономические и углеродные аспекты в анализ последствий. В совокупности эти работы формируют комплексное представление о вызовах, стоящих перед лесным хозяйством в XXI веке.

Продолжая анализ литературы, необходимо рассмотреть исследования, посвященные комплексному воздействию на лесные экосистемы, где пожары выступают не как изолированный

фактор, а в связке с другими нарушениями, такими как вспышки насекомых-вредителей. Кроме того, отдельное внимание уделяется современным методам дистанционного мониторинга состояния лесов.

Исследование Жилы С.В. и др. (2023) вносит важный вклад в понимание механизма формирования пожарной опасности. Авторы напрямую связывают вспышки численности энтомофитов, в частности уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford), с последующим увеличением пожарной опасности в пихтовых древостоях Красноярского края. Их работа показывает, что поврежденные насаждения характеризуются **значительно возросшими запасами лесных горючих материалов (ЛГМ)**. Это создает кумулятивный эффект: биотическое повреждение ослабляет и частично уничтожает лес, приводя к накоплению мертвой древесины, что, в свою очередь, многократно увеличивает потенциальную интенсивность и вероятность возникновения катастрофических пожаров [8].

Эта тема получает развитие в работе Гераськиной А.П. и др. (2021), где пожары рассматриваются как мощный фактор деградации, ведущий не только к прямым потерям древесной фитомассы, но и к **утрате биоразнообразия и ключевых функций лесных экосистем**. Авторы подчеркивают, что пожары, особенно повторяющиеся и высокой интенсивности, приводят к глубоким и зачастую необратимым изменениям в почвенном покрове, видовом составе и способности экосистемы к самовосстановлению и выполнению средообразующих функций [9].

Работа Баранчикова Ю.Н. (2021), хотя и сфокусирована на историческом аспекте, предоставляет ценнейший контекст для понимания долгосрочной динамики взаимодействия «насекомые-пожары». На примере вспышки массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetv.) в Красноярском крае в 1960-х годах, автор анализирует проблему на стыке науки и практики, показывая, как масштабные биотические нарушения создают предпосылки для изменения пожарного режима на обширных территориях тайги [12].

Исследование **Quan et al. (2022)** расширяет географический контекст, проводя сравнительный анализ движущих сил лесных пожаров в приграничных регионах Китая, Северной Кореи и России. Такой трансграничный подход крайне важен, так как демонстрирует, что факторы пожарной опасности (антропогенные, климатические, топографические) имеют разный вес в зависимости от социально-экономических условий и практик землепользования по разные стороны границы. Это указывает на необходимость разработки скоординированных международных стратегий управления пожарными рисками [7].

Группа работ демонстрирует прогресс в области дистанционного мониторинга для раннего выявления проблем. Исследование **Cessna et al. (2021)** представляет передовой метод картирования состояния еловых лесов, поврежденных короедом (*P. proximus* B.), на уровне отдельного дерева. Для этого авторы используют фьюжн спектральных и структурных данных, получаемых с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Этот подход позволяет с высокой точностью диагностировать начальные стадии усыхания, что критически важно для своевременного принятия управленческих решений [10].

Аналогичную задачу, но для условий России и с использованием спутниковых данных, решает **Слинкина О.А. (2024)**. В ее работе исследуются возможности определения состояния темнохвойных лесов, поврежденных энтомовредителями, по спутниковым снимкам. Это направление представляется чрезвычайно перспективным для мониторинга обширных и труднодоступных лесных территорий Сибири и Дальнего Востока, позволяя оперативно оценивать масштабы и динамику повреждений [11].

Таким образом, современные исследования все чаще фокусируются на **комплексном и каскадном характере угроз** для лесных экосистем, где изменение климата, вспышки насекомых-вредителей и пожары образуют взаимосвязанный «треугольник риска». Работы [8, 9, 12] убедительно показывают, что массовое размножение насекомых является не просто сопутствующим фактором, а ключевым драйвером, коренным образом

повышающим пожарную опасность. В то же время, исследования [7, 10, 11] указывают на развитие адекватных инструментов ответа на эти вызовы – от сравнительного анализа риск-факторов на трансграничных территориях до внедрения высокоточных методов дистанционного мониторинга для раннего предупреждения и оценки ущерба.

Необходимо также указать исследования, углубляющие понимание экологии насекомых-вредителей, представляющие новейшие методы дистанционной диагностики состояния лесов и предлагающие конкретные стратегии управления пожарными рисками.

Исследование Сулытсон С.М. и др. (2024) предоставляет глубокий экологический анализ резерваций сибирского шелкопряда (*D. sibiricus* T.) в условиях Алтае-Саянского региона. Авторы вводят важное понятие «резерваций» – устойчивых очагов вредителя в оптимальных для него станциях, которые служат постоянным источником для возникновения новых вспышек. Эта работа раскрывает механизм поддержания популяции вредителя в межвспышечный период, что имеет ключевое значение для прогнозирования и организации превентивных мер, дополняя исторический контекст, описанный Баранчиковым Ю.Н. (2021) [13, 12].

Методы дистанционного мониторинга повреждений, упомянутые в работах Cessna et al. (2021) и Слинкиной О.А. (2024), получают дальнейшее развитие в исследованиях Ковалева А.В. и Суховольского В.Г. (2021) и Duarte et al. (2022). Ковалев А.В. и Суховольский В.Г. (2021) предлагают методику анализа устойчивости древостоев к нападению насекомых на основе данных дистанционного зондирования. Их подход позволяет не только фиксировать уже произошедшие повреждения, но и оценивать предрасположенность лесных массивов к атакам вредителей на основе структурных и спектральных характеристик [14].

Систематический обзор Duarte et al. (2022) обобщает последние достижения в области мониторинга лесных вредителей и болезней с использованием беспилотных летательных

аппаратов (БПЛА). Авторы делают вывод, что технологии БПЛА, особенно при комбинировании данных сверхвысокого пространственного разрешения с методами машинного обучения, совершили переворот в возможностях раннего обнаружения, идентификации и картирования очагов повреждений на уровне отдельных крон и деревьев [15]. Это напрямую соотносится с выводами Cessna et al. (2021) и указывает на становление нового технологического уклада в лесопатологическом мониторинге [10].

Работа Москальченко С.А. и др. (2014), хотя и опубликованная ранее, остается актуальной для понимания долгосрочной динамики пожарной опасности в одном из ключевых регионов Сибири. Авторы констатировали рост горимости лесов Красноярского края в начале XXI века, связывая это с увеличением засушливости климата и частоты опасных метеоявлений. Их выводы о смещении пика пожарного сезона на более ранние сроки и росте числа крупных пожаров хорошо согласуются с прогнозами, сделанными Швиденко А.З. и Щепашенко Д.Г. (2013) [16, 1].

Итоговый стратегический взгляд на проблему представлен в работе Подрезова Ю.В. (2023), который систематизирует основные направления предупреждения чрезвычайных лесопожарных ситуаций. Автор акцентирует необходимость комплексного подхода, включающего не только совершенствование тактики тушения, но и развитие систем прогнозирования и мониторинга, проведение превентивных противопожарных мероприятий (например, контрольные выжигания), а также совершенствование нормативно-правовой базы. Эта работа служит практическим ориентиром для реализации теоретических наработок, представленных в других проанализированных источниках [17].

Проведенный анализ научной литературы позволяет выявить формирование целостной парадигмы, рассматривающей климатические изменения, вспышки массового размножения насекомых-вредителей и лесные пожары как систему взаимосвязанных и взаимно усиливающих друг друга угроз для бореальных лесов.

Современные исследования единодушно подтверждают, что потепление климата выступает ключевым драйвером изменений, приводя к увеличению частоты, интенсивности и продолжительности пожароопасных сезонов, а также создавая более благоприятные условия для развития популяций насекомых-вредителей. При этом повреждения лесов насекомыми представляют собой не изолированное явление, а критически важное звено в каскаде нарушений. Массовое размножение вредителей приводит к масштабному усыханию древостоев и резкому увеличению запасов лесных горючих материалов, что многократно повышает пожарную опасность. Последующие пожары, особенно высокой интенсивности, в свою очередь, наносят удар по биоразнообразию и ключевым функциям лесных экосистем, подрывая их устойчивость и способность к восстановлению.

Ответом на эти комплексные вызовы становится технологический прорыв в области мониторинга. Значительный блок научных работ посвящен развитию методов дистанционного зондирования. Особенно перспективным направлением является использование беспилотных летательных аппаратов и технологий фьюжн данных, которые позволяют перейти от простой констатации фактов повреждений к прогностическому анализу и ранней диагностике проблем на уровне отдельных крон и деревьев.

В качестве стратегического ответа в научной литературе обосновывается настоятельная необходимость перехода от традиционной, реактивной модели лесного хозяйства к проактивной и адаптивной стратегии. Такой подход требует интеграции климатических прогнозов, данных мониторинга вредителей и современных методов оценки пожарного риска в повседневную практику управления лесами, что является залогом сохранения их стабильности и продуктивности в условиях меняющегося климата.

Проведенный анализ литературы убедительно демонстрирует, что взаимодействие между вспышками массового размножения насекомых-вредителей и лесными пожарами представляет собой серьезную угрозу для

бореальных лесов. Исследования российских ученых выявили кумулятивный эффект, при котором повреждение древостоев энтомовердителями приводит к значительному увеличению запасов лесных горючих материалов, создавая условия для возникновения катастрофических пожаров. В то же время ряд работ подтверждают рост горимости лесов Сибири на фоне климатических изменений.

Актуальность данного направления исследований обусловлена необходимостью разработки научно обоснованных мер противопожарного управления лесами в условиях наблюдаемых климатических изменений и учащающихся вспышек массового размножения энтомовердителей. Особую значимость это приобретает для подтаёжной зоны Средней Сибири – ключевого региона в углеродном балансе бореальных лесов, где взаимодействие энтомогенных и пирогенных факторов изучено недостаточно полно.

В этой связи целью нашего исследования является установление зависимости между повреждением лесных массивов энтомовердителями и динамикой пожарной активности в условиях подтаёжной зоны Средней Сибири на основе анализа количественных показателей за период с 2000 по 2023 года.

Материалы и методы

Объектом изучения стали лесные массивы таёжной зоны центральной Сибири. Подзона средней тайги занимает широкую, пониженную часть Центральной Сибири между долинами Нижней Тунгуски и Вилюя на севере и водоразделом Катанги и Ангара на юге. В неё входит почти весь Енисейский кряж к северу от Ангара. Трапповые массивы покрыты влажными лиственничными лесами со сфагново-зеленомошными и кустарниково-зеленомошными сообществами на дерново-глебовых почвах. В Центрально-Тунгусской впадине встречаются ерниковые и осоково-гипновые болота. В основном доминируют лиственничные леса, однако в настоящее время широко распространены смешанные сосново-лиственничные и берёзовые массивы. На южных склонах встречаются сосновые

леса, на восточных и северных – еловые. Восточная часть подзоны занята лесами из даурской лиственницы на разреженных древостоях, растущими на якутских палеовых почвах [20].

Южная тайга Центральной Сибири характеризуется преобладанием сосновых и сосново-лиственничных лесов – высокобонитетных, высокопродуктивных и ценных для эксплуатации. На юго-восточных склонах выше 400 м лиственничные леса сменяются кедрово-пихтовыми и лиственнично-еловыми. Широко распространены вторичные берёзовые леса [18].

Практически весь лесной фонд региона пострадал от неоднократно повторяющихся пожаров: после первых возгораний территория восстанавливалась быстро, а после вторичных – происходили существенные изменения ландшафта, в частности формирование травянистых и кустарниковых сообществ. Обилие берёзовых лесов обусловлено частыми пожарами [18].

Анализ горимости лесов Центральной Сибири основан на данных о лесных пожарах за 2000–2023 гг. и сведениях о погоде из «ИСДМ-Рослесхоз» [19]. Оценка повреждений проводилась по данным Федерального агентства лесного хозяйства «Рослесхоз».

Фактические характеристики горимости – это количество и частота пожаров. Показатель горимости территорий вычислялся по методике М.А. Софронова [20].

Обработка материалов выполнялась с применением корреляционного анализа. Статистические вычисления производились в специализированном пакете «STATISTICA» и пакете анализа данных «Excel».

Выявление временных закономерностей горимости лесов, нарушенных энтомовердителями, проведено для территории Енисейского лесничества Западно-Сибирского южно-таежного равнинного лесного района и лесничеств Среднесибирского подтаежно-лесостепного района.

Результаты и обсуждение

За период 2000–2023 гг. на территории Центральной Сибири зарегистрировано 26915 пожаров («ИСДМ-Рослесхоз» [19]). Ежегодно возникало в среднем 1124 лесных пожаров, с

колебаниями их численности от 436 до 2548 шт., которые являлись значительными по площади как по годам, так и по лесничествам. За анализируемый

период общая лесная площадь, пройденная пожарами, составила 4783,6 тыс. га, средняя площадь одного пожара 177 га (рисунок 1).

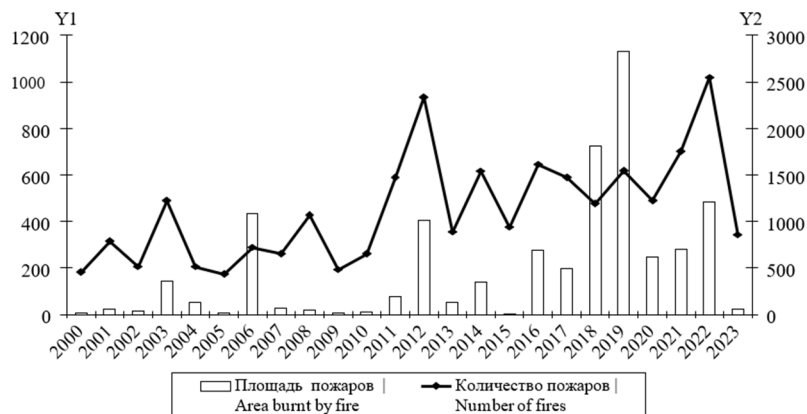


Рисунок 1. Динамика горимости лесов в Центральной Сибири за 2000–2023 гг.

(по оси X – годы; по оси Y1 – площадь пожаров, тыс. га; по оси Y2 – количество пожаров, шт.)

Figure 1. Dynamics of forest fire occurrence in Central Siberia from 2000 to 2023 (X-axis – year; Y1-axis – area burnt by fire, thousand hectares; Y2-axis – number of fires)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

В динамике наблюдается увеличение численности пожаров в период с 2012 по 2023 годы. Максимальное количество пожаров выявлено в период 2000–2011 гг. В Центральной Сибири установлено 8994 пожара. В среднем ежегодно регистрировалось по 749 пожаров, а в последующие годы наблюдался всплеск количества пожаров, в среднем – 1493 шт./год. Максимумы числа пожаров в отдельные годы обусловлены устойчивыми продолжительными антициклонами с сухой и ветреной погодой в отдельные пожароопасные сезоны и пожароопасные периоды [21, 22].

При анализе распределения лесных пожаров на территории Центральной Сибири за исследуемый период в зависимости от лесного района показал, что пожары распределены неравномерно. Наибольшее количество пожаров приходится на Нижнеангарский таежный район, где за 24 года зарегистрировано 10800 шт., а максимальная площадь, пройденная пожарами, в Среднесибирском плоскогорном таежном районе 2313 тыс. га.

Основное количество пожаров наблюдалось в таежной зоне (62,4% по числу и 57,5% по площади),

где произрастает основная часть сосновых лесов и находится большое количество вырубок, быстро достигающих состояния пожарной зрелости. Преобладают низовые пожары разной интенсивности.

По данным Федерального агентства лесного хозяйства России «Рослесхоз» в Центральной Сибири за период с 2009 по 2022 год максимальная относительная площадь поврежденных насаждений насекомыми-вредителями отмечалась в Западно-Сибирском средне-таежном равнинном районе (487 га на 100 тыс. га), Западно-Сибирском южно-таежном равнинном районе (849 га на 100 тыс. га) и в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе (158 га на 100 тыс. га). Минимальная относительная площадь отмечалась в следующих лесных районах: Среднесибирский плоскогорно-таежный, Нижнеангарский таежный, Алтае-Саянский горно-таежный и Алтае-Саянский горно-лесостепной.

Основным вредителем насаждений в Западно-Сибирском средне-таежном и Западно-Сибирском южно-таежном равнинном районе стала вспышка массового размножения сибирского шелкопряда (*D. sibiricus* T.). В Среднесибирском

подтаежно-лесостепном районе в основном к повреждению и гибели лесов привел полиграф уссурийский (*P. Proximus* В.). Данные насекомые-вредители представляют наибольшую опасность для темнохвойных лесов таёжной зоны Средней Сибири [22–25], которые приводят к масштабным нарушениям и их усыханием. Территории с усохшим древостоем чрезвычайно пожароопасны и тушить их трудно в связи с большой захламенностью.

Лесной фонд Енисейского лесничества представлен в основном лиственными древостоями 53%, из хвойных – пихтой (12,1%) и кедром (11,4%). Значительная доля площади занята болотными экосистемами. Класс природной пожарной опасности низкий 3,2.

За 2015–2019 годы в лесничестве зарегистрировано более 33 тыс. очагов сибирского шелкопряда (*D. sibiricus* Т.). Ежегодно в среднем выявлялось 6670 очагов, с колебаниями от 36 до 17289 очагов в год. За исследуемый период общая площадь поврежденных и усохших насаждений составила более 481 тыс. га.

В Енисейском лесничестве до начала вспышки в период с 2007–2014 гг. количество пожаров на 100 тыс. га (шт./год): в пихтовых насаждениях – 0,1 (низкая), в кедровых – 0,3 (низкая). В период с 2017–2023 гг. количество пожаров на 100 тыс. га, (шт./год) в темнохвойных насаждениях лесничества увеличилась в 1,8 раза до 0,56 (умеренная).

Анализ распределения по годам количества зарегистрированных пожаров в шелкопрядниках с 2015 по 2023 годы показывает, что пожары стали возникать с 2017 года, на третий год после повреждения. За период с 2017–2023 годы (рисунок 2) в шелкопрядниках зарегистрировано 43 пожара, в среднем по 6 шт. в год с колебаниями от 2 до 18 пожаров.

Темнохвойные насаждения, в силу своих микроклиматических особенностей, а именно влажности, горят крайне редко. Связи со спецификой питания сибирского шелкопряда (*D. sibiricus* Т.), который является филлофагом, процесс пожарного созревания лесных территорий происходит достаточно быстро. В момент

дефолиации, значительно меняются уровни влажности, воздействия солнечной радиации (а как следствие общей температуры) и скорость воздушного потока. Все эти факторы наряду с повышенной захламенностью территорий значительно и резко повышают скорость созревания лесных горючих материалов, что создает благоприятные условия для возникновения и распространения устойчивых пожаров.

Дополнительно эти процессы меняют ботанический состав травяного покрова, увеличивается доля однолетних и легко воспламеняющихся видов, которые более приспособлены к новым условиям среды. В последствии это приводит в лесных массивах к накоплению еще большего количества сухих и мертвых органических остатков к уже имеющимся.

За исследуемый период в поврежденных сибирским шелкопрядом (*D. sibiricus* Т.) насаждениях общая площадь, пройденная пожарами, составила 22517 га. Средняя площадь пожара 523,6 га, что в 8 раз превышает среднюю площадь пожара в темнохвойных насаждениях в период с 2000–2017 гг. Численность пожаров во времени имеет колебательный характер с тенденцией снижения в период с 2018 по 2020 год. Площадь пожаров за этот период 2972 га. В последующие 3 года площадь пожаров достигла 19545 га. В среднем пройденная площадь пожарами в год составляла 6,5 тыс. га. Это, по мнению авторов, связано не с ухудшением погодных условий в последующие годы, так как связь количества пожаров с погодными условиями слабая (коэффициент корреляции равен 0,23). В период 2017–2020 годы, горели шелкопрядники, которые произрастали на супесчаных и суглинистых почвах по возвышенным элементам рельефа. В последующие годы загорелись и участки, которые произрастали в более влажных условиях, так как изменился в них видовой состав лесных горючих материалов. Они стали интенсивно высушаться в результате увеличения солнечной радиации и скорости ветра ввиду отсутствия древесного полога.

Оценка степени нарушенности территории участковых лесничеств сибирским шелкопрядом

(*D. sibiricus* T.) и пожарами показала, что в Енисейском лесничестве из 7 участковых лесничеств, где насаждения повреждены шелкопрядом (*D. sibiricus* T.), только в 4-х зарегистрированы пожары. Основная причина пожаров – грозы, за исключением Озерковского участкового лесничества, где все 4 пожара возникли по вине местного населения.

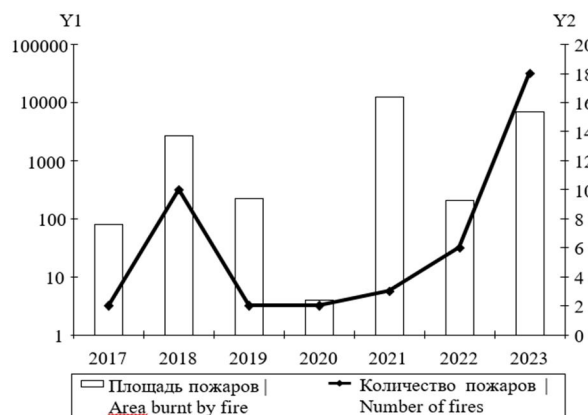


Рисунок 2. Динамика горимости шелкопряда Енисейского лесничества за 2017–2023 гг.

(по оси X – годы; по оси (логарифмическая шкала) Y1 – площадь пожаров, га; по оси Y2 – количество пожаров, шт.)

Figure 2. Dynamics of forest fire occurrence in forests disturbed by the Siberian moth in the Yeniseyskoe forest management unit from 2017 to 2023 (X-axis – year; (logarithmic scale) Y1-axis – area burnt by fire, ha; Y2-axis – number of fires)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Продолжительность фактического пожароопасного сезона Енисейского лесничества с 2000–2023 гг. колебалась от 31 до 158 дней. Средняя продолжительность фактического пожароопасного сезона с 2000 по 2010 год, включительно, составляла 48 дней. В период с 2011 по 2023 гг. она увеличилась в 2 раза (99 дней). С началом XXI в. в Центральной Сибири отмечается рост площадей и числа пожаров растительности, вызванный изменениями погоды летнего периода [22, 26, 27]. По оценкам многих авторов [21, 28–30] климатические изменения провоцируют увеличение пожароопасного сезона,

повышение средних температур летнего периода, изменение циркуляции атмосферы с локальным перераспределением осадков и грозовой активности.

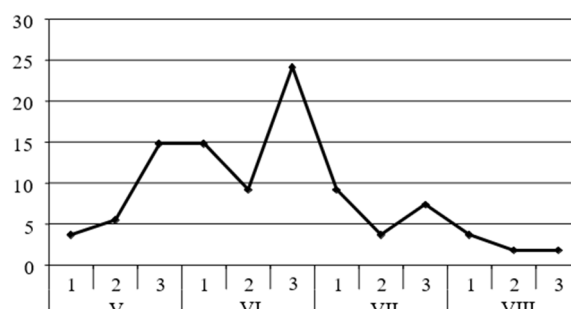


Рисунок 3. Сезонная динамика пожаров шелкопряда
(по оси X – месяц (V-VIII – май-август соответственно), декада; по оси Y1 – количество пожаров, %)

Figure 3. Seasonality of fire activity in forests disturbed by the Siberian moth (X-axis – month (V-VIII – May-August, respectively), ten-day period; Y1-axis – number of fires, %)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Пожары в шелкопрядах начинаются в первой декаде мая и заканчиваются в третьей декаде августа. Пик горимости с конца мая по первую декаду июля (рисунок 3). Анализ сезонного распределения количества пожаров в темнохвойных насаждениях, не поврежденных сибирским шелкопрядом (*D. sibiricus* T.), показал следующее. Первые пожары выявлены в конце мая 5,2%, июне 31,6%, пик пожаров регистрируется в июле – 52,6%, последние пожары возникают в 3 декаде августа – 10,5%. Возможность возникновения пожаров зависит от влагосодержания лесных горючих материалов, фенологической фазы растительности и хода погодных условий.

Самая высокая антропогенная пожарная опасность наблюдается в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе. По вине человека за пожароопасный сезон, в среднем регистрируется

160 пожаров, что составляет примерно 15% от общего количества пожаров в Центральной Сибири. Общая площадь Среднесибирского подтаежно-лесостепного района 3,45 млн. га, в котором выделено 15 лесничеств. Лесистость территории по лесничествам сильно варьирует: минимальная равна 11,3% (Назаровское лесничество), максимальная – 76,6% (Козульское лесничество). Лесные массивы района представлены насаждениями разнотравной группы типов леса. Транспортная сеть развита хорошо – 4,2 км/тыс. га.

На территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района за исследуемый период зарегистрировано 4337 лесных пожаров [19],

на площади свыше 229 тыс. га с колебаниями от 35 до 667 пожаров в год. Доля верховых и почвенных пожаров не значительна. Годовая площадь пожаров в районе между пожароопасными сезонами менялась от 200 га (2000 г.) до 149 тыс. га (2022 г.).

На территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района в 2009 году выявлено воздействие уссурийского полиграфа (*P. proximus* B.) – инвазивный вредитель дальневосточного происхождения, который повреждает в основном ослабленные пихтовые насаждения [34].

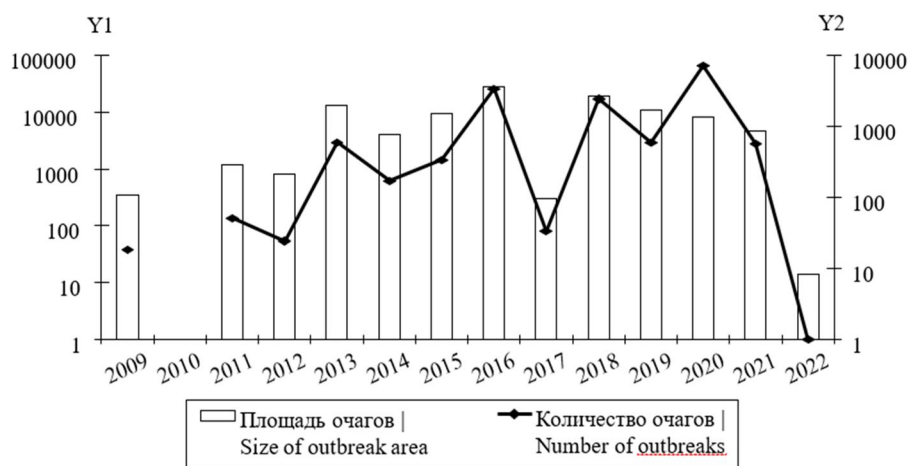


Рисунок 4. Динамика повреждения пихтачей полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.) на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района 2009–2022 гг.

(по оси X – годы; составлено с использованием логарифмического масштаба по оси Y1 – площадь очагов, га; по оси Y2 – количество очагов, шт.)

Figure 4. Dynamics of damage to fir trees caused by the four-eyed fir bark beetle (*P. proximus* B.) in the Central Siberian subtaiga/forest-steppe zone from 2009 to 2022

(X-axis – year; plotted using a logarithmic scale; Y1-axis – size of outbreak area, ha; Y2-axis – number of outbreaks)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

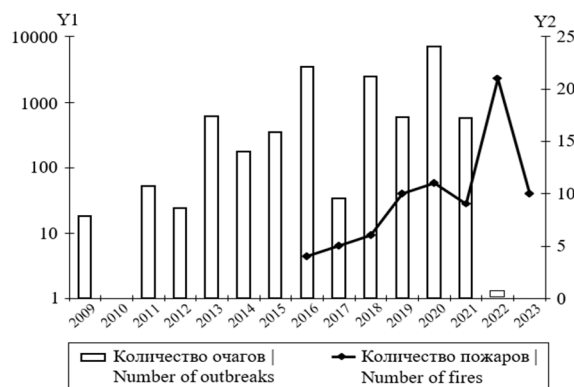


Рисунок 5. Распределение количества пожаров в пихтовых насаждениях, поврежденных полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.) на территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района 2009–2022 гг. (по оси X – годы; по оси (логарифмическая шкала) Y1 – количество очагов, шт.; по оси Y2 – количество пожаров, шт.)

Figure 5. Number of fires in fir forests disturbed by the four-eyed fir bark beetle (*P. proximus* B.) in the Central Siberian subtaiga/forest-steppe zone from 2009 to 2022 (X-axis – year; (logarithmic scale) Y1-axis – number of outbreaks; Y2-axis – number of fires)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Первые очаги уссурийского полиграфа (*P. proximus* B.) обнаружены на территории трех лесничеств: Козульское – 724,5 га, Ачинское – 753,5 га и Боготольское – 474,6 га. За 2009–2022 годы в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе выявлено более 15 тыс. очагов воздействия полиграфа уссурийского (*P. proximus* B.). Ежегодно в среднем выявлялось 1089 очагов, с колебаниями от 1 до 3364 очагов в год. За исследуемый период общая площадь поврежденных и усохших насаждений составила более 99,8 тыс. га (рисунок 4). Площадь очагов варьировала от 0,1 га до более 10000 га.

На территории лесного района в пихтовых насаждениях, поврежденных уссурийским полиграфом (*P. proximus* B.) с 2016 по 2023 год, зарегистрировано 76 пожаров (рисунок 5), т.е.

ежегодно возникало в среднем 9 лесных пожаров с колебаниями от 4 до 21. Анализ динамики количества лесных пожаров показал, что пожары в очагах полиграфа уссурийского (*P. proximus* B.) стали возникать с 2016 года, т. е. на восьмой год после повреждения.

В отличие от сибирского шелкопряда (*D. sibiricus* T.), который разово уничтожает полностью хвою, и вызывает зачастую или полную гибель древостоя, или выпадение из состава темнохвойного элемента, уссурийский полиграф (*P. proximus* B.) является короедом, личинки которого повреждают в первую очередь луб и заболонь дерева. Вредитель может несколько раз атаковать условно здоровое дерево, которое активно заливает первые волны жуков смолой. Однако в симбиотических отношениях с данным видом вредителя находятся офиостомовые грибы дальневосточного происхождения (как и переносчик), которые акклиматизировались и обладают очень высокой фитопатогенной активностью в отношении пихтовых древостоев и вызывают некроз тканей деревьев, это вызывает необратимое сильное ослабление с последующим усыханием и гибелью.

Процесс занимает продолжительное время и не касается кроны на момент инвазии вредителя. Процесс перехода от первой категории санитарного состояния до старого сухостоя может занимать несколько лет. Точные сроки зависят от климатических особенностей, сопутствующих болезней и состояния.

Что касается пожарной опасности, то значительные изменение и повышение её происходят после опадения сухой хвои, что значительно увеличивает объем ЛГМ, наряду с имеющимся. Далее повторяется сценарий вышеописанный с шелкопрядом.

Отличие между процессами увеличения пожарной опасности территорий, поврежденных описанными вредителями, заключается в скорости потери хвойной части древостоев. В случае с шелкопрядом (*D. sibiricus* T.) усыхание происходит после дефолиации интенсивнее, что значительно повышает скорость созревания территорий. В случае с полиграфом (*P. proximus* B.), сначала

несколько лет идет опад хвойной части, а после этого возникает риск возгорания. Характер во втором случае более плавный, так как продолжительность в несколько раз больше, чем в первом.

Численность пожаров возрастает под влиянием увеличения площади очагов полиграфа уссурийского (*P. proximus* B.) и недостаточностью профилактических мероприятий (рисунок 6). За период 2016–2023 гг. общая лесная площадь, пройденная пожарами, в поврежденных насаждениях составила 9372 га или по 1171,5 га в среднем в год при среднем уровне горимости 1173,3 га на 100 тыс. га, что составляет 1,17% от площади поврежденных насаждений в год. Максимальная площадь пожаров зафиксирована в 2022 г. – 8,2 тыс. га (рисунок 7).

Повышенная горимость в 2022 году обусловлена сухой ветреной погодой в конце весны. В результате этого произошло быстрое высыхание лесных горючих материалов в большинстве очагов полиграфа уссурийского (*P. proximus* B.), что привело к возникновению 21 пожара, а также усложнило борьбу с пожарами.

В Большемуртинском лесничестве 19.05.2022 г. в очаге полиграфа уссурийского (*P. proximus* B.) обнаружен пожар на площади 5 га, а потушили его только 27.05.2022 г. на площади 6078 га. Этот пожар повлиял на статистику горимости лесного района.

Анализ лесопожарной статистики показал, что в лесном районе наблюдается увеличение средней площади пожаров в поврежденных насаждениях уссурийским полиграфом (*P. proximus* B.). Средняя площадь одного пожара в 2022 г. – 394 га, за 6 лет с 2016–2021 гг. – 22,7 га, а за 2023 г. – 7,4 га.

Подекадный анализ распределения количества пожаров в поврежденных насаждениях показал, что первые пожары возникают в третьей декаде апреля. Период повышенной пожарной опасности в насаждениях, поврежденных полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.), продолжается не весь пожароопасный сезон. Как правило, он приходится на апрель-май, в это время возникает в среднем 76% пожаров. Наиболее напряженным в пожарном отношении является

первая декада мая – 26% от годовых показателей (рисунок 8).



Рисунок 6. Динамика накопления количества очагов (за 2009–2022 гг.) и пожаров (за 2016–2023 гг.) в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе (по оси X – годы; по оси Y1 – накопительная частота, %)

Figure 6. Number of outbreaks (from 2009 to 2022) and number of fires (from 2016 to 2023) in the Central Siberian subtaiga/forest-steppe zone (X-axis – year; Y1-axis – cumulative frequency, %)

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

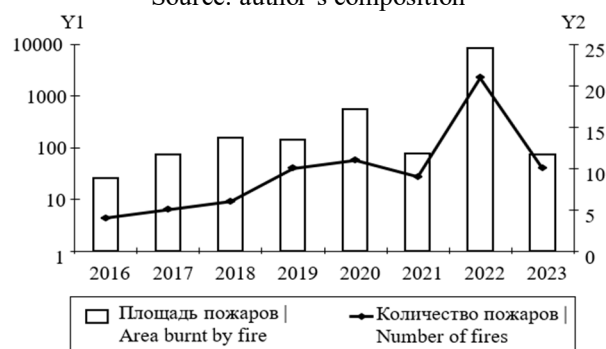


Рисунок 7. Динамика горимости пихтовых насаждений, поврежденных полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.), в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе за 2016–2023 гг. (по оси X – годы; по оси (логарифмическая шкала) Y1 – площадь пожаров, га.; по оси Y2 – количество пожаров, шт.)

Figure 7. Dynamics of forest fire occurrence in fir forests disturbed by the four-eyed fir bark beetle (*P. proximus* B.) in the Central Siberian subtaiga/forest-steppe zone from 2016 to 2023 (X-axis – year; (logarithmic scale) Y1-axis – area burnt by fire, ha; Y2-axis – number of fires)

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Source: author's composition

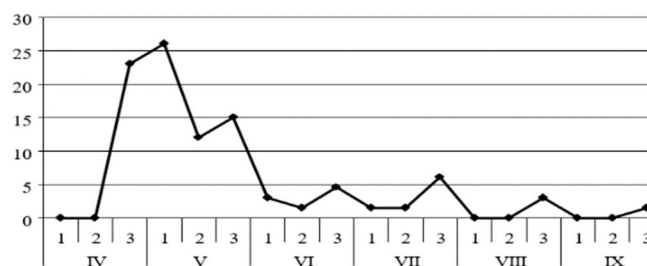


Рисунок 8. Сезонная динамика пожаров в пихтовых насаждениях, поврежденных полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.)

(по оси X – месяц (IV-IX – апрель-сентябрь соответственно), декада; по оси Y1 – количество ожаров, %)

Figure 8. Seasonality of fire activity in fir forests disturbed by the four-eyed fir bark beetle (*P. proximus* B.)

(X-axis – month (V-VIII – May-August, respectively), ten-day period; Y1-axis – number of fires, %)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Таблица 1

Средняя продолжительность пожароопасного периода в пихтовых насаждениях, поврежденных уссурийским полиграфом (*P. proximus* B.)

Table 1

Average duration of fire danger period in fir forests disturbed by the four-eyed fir bark beetle (*P. proximus* B.)

Лесничество Forest management unit	Дата первого пожара Date of the first fire	Дата последнего пожара Date of the last fire	Продолжительность пожароопасного периода, дней Fire danger period, days
Ачинское Achinskoe	12.05	22.05	11
Большемуртинское Bol'shemurtinskoe	19.05	06.07	49
Большеулуйское Bol'sheulujское	20.04	28.05	39
Дзержинское Dzerzhinskoe	18.05	27.08	102
Емельяновское Emel'yanovskoe	11.05	09.09	90
Иланское Ilanskoe	23.04	31.05	39
Сухобузимское Sukhobuzimское	29.04	17.08	111

За исследуемый период установлено, что средняя продолжительность пожароопасного периода в пихтовых насаждениях, поврежденных полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.), возрастает с запада на восток (таблица 1). Так в Ачинском лесничестве он в среднем составляет 11 дней, в Емельяновском – 90, в Дзержинском – 102 дня. Показатель продолжительности пожароопасного периода не всегда отвечает действительности. Он зависит от распределения количества осадков в теплый период года, от появления источников огня, от профилактических мероприятий в охране лесов.

Как описано выше, территория лесного района занимает 3,45 млн. га, в котором организовано 15 лесничеств, где встречается

большое разнообразие природных условий и различная степень хозяйственного освоения территорий этих лесничеств. Данные факторы обуславливают различную степень повреждения насаждений энтомоповреждителями, продолжительность пожароопасных сезонов и периодов, а также различную горимость. В таблице 2 приведены средние многолетние показатели горимости пихтовых насаждений, поврежденных полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.) по лесничествам.

По частоте возникновения пожаров наиболее благополучным является Козульское лесничество. В расчете на 100 тыс. га здесь возникает менее 1 пожара. Это можно объяснить тем, что рельеф лесничества расчленен системой рек на ряд

широких водоразделов с плоскими вершинами и в летний период здесь выпадает более 200 мм осадков, а также низкая плотность населения 3 чел./км² [32].

Иланское лесничество характеризуется максимальной частотой и горимостью поврежденных насаждений полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.).

Таблица 2

Средние многолетние показатели горимости насаждений, поврежденных полиграфом уссурийским (*P. proximus* B.) за 2016–2023 гг.

Table 2

Average long-term dynamics of forest fire occurrence in forests disturbed by the four-eyed fir bark beetle (*P. proximus* B.) from 2016 to 2023

Лесничество Forest management unit	Количество очагов, шт. Number of outbreaks	Площадь очагов, га Size of outbreak area, ha	Средняя площадь очага, га Average size of outbreak area, ha	Количество пожаров, шт. Number of fires	Площадь пожаров, га Area burnt by fire, ha	Средняя площадь пожара за сезон, га Average area burnt by fire during the season, ha	Частота пожаров шт. на 100 тыс. га за сезон Fire frequency, number of fires per 100 thousand hectares per season	Площадь пожаров га на 100 тыс. га за сезон Area burnt by fire, ha per 100 thousand hectares per season
Ачинское Achinskoe	776	13217	17,0	6	289	6,0	5,6	273,3
Большемуртинское Bol'shemurtinskoe	7677	15043	1,9	8	6209	97,0	6,6	644,9
Большеулуйское Bol'sheulujское	616	5473	8,8	11	55	0,6	25,1	125,6
Дзержинское Dzerzhinskoe	320	4136	12,9	5	177	2,9	15,1	534,9
Емельяновское Emel'yanovskoe	1688	23342	13,8	5	1201	30,0	2,6	643,1
Иланское Ilanskoe	186	2158	11,6	32	602	2,3	185,3	3487,0
Канское Kanskoe	673	6212	9,2	1	380	47,5	2,0	764,6
Козульское Kozul'skoe	1239	14285	11,5	1	174	21,7	0,9	152,2
Красноярское Krasnoyarskoe	109	1779	16,3	2	2	0,1	14,0	14,0
Назаровское Nazarovskoe	1215	4901	4,0	1	1	0,1	2,5	2,5
Сухобузимское Sukhobuzimskoe	271	1782	6,5	4	282	8,8	28,0	1978,1

В перспективе в восточной части лесного района можно ожидать увеличения числа пожаров и горимости.

Выводы

В результате анализа и обработки документальных данных получен ряд выводов:

– На территории Центральной Сибири в период с 2000 по 2023 гг. зарегистрировано около 27 тыс. пожаров, общая лесная площадь, пройденная огнем, составила порядка 4,8 млн га, а средняя площадь одного пожара 177 га. Данные количественно свидетельствуют об увеличении числа и площади пожаров на территории в период с 2012 по 2023 годы.

– Замеченные максимумы числа пожаров в отдельные годы обусловлены устойчивыми продолжительными антициклонами с сухой и ветренной погодой.

– Территориальное распределение пожаров отражает неравномерность распространения: 62,4% по числу и 57,5% по площади отмечено в таёжной зоне, что обусловлено произрастанием в основном сосновых лесов и большим количеством вырубок.

– Максимальная относительная площадь поврежденных насаждений насекомыми отмечалась в Западно-Сибирском средне-таежном равнинном районе (487 га на 100 тыс. га), Западно-Сибирском южно-таежном равнинном районе (849 га на 100 тыс. га) и в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе (158 га на 100 тыс. га).

– В первых двух лесных районах основной причиной усыхания является сибирский шелкопряд (*D. sibiricus* Т.), в последнем – полиграф уссурийский (*P. proximus* В.).

– Выявлено, что в насаждениях, поврежденных энтомовредителями возрастает опасность возникновения лесных пожаров: в шелкопрядниках частота пожаров на 100 тыс. га увеличилась в 1,8 раз в темнохвойных насаждениях и оценивалась как умеренная; в полиграфниках – в 41% случаев характеризуется как очень высокая (свыше 300 га/100 тыс. га).

– Риск возникновения пожаров увеличивается в темнохвойных насаждениях через 2 года после повреждения их сибирским шелкопрядом (*D. sibiricus* Т.). На территории

Енисейского лесничества замечены увеличения, до начала вспышки в период с 2007–2014 гг., частоты пожаров в пихтовых насаждениях с 0,1 шт. на 100 тыс. га за сезон до 0,6; а средней площади пожара – в 8 раз (523,6 га).

– Отмечен колебательный характер во времени показателей горимости на территории Енисейского лесничества. Корреляционный анализ показал слабую взаимосвязь погодных условий и показателей горимости (0,23), что связано с гидрологическими показателями и рельефом территории. Для получения более тесной взаимосвязи необходимо получение локальных микроклиматических характеристик.

– В пихтовых насаждениях, поврежденных полиграфом уссурийским (*P. proximus* В.), в основном возникновение пожаров приходится на 8-ой год после повреждения. На территории Среднесибирского подтаежно-лесостепного района в 2009 году выявлено воздействие уссурийского полиграфа (*P. proximus* В.), а с 2016 года наблюдается стабильное увеличение количества и площади пожаров.

– Выявленная положительная динамика площадей поврежденных вредителями насаждений и связанная с ней горимость позволяют прогнозировать дальнейший рост пожарной нагрузки в регионах при сохранении текущей системы лесозащиты и противопожарной охраны лесов (обнаруженный пожар в Большемуртинском лесничестве на площади 5 га за неделю распространился и был потушен на площади более 6 тыс.).

– В Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе наблюдалось увеличение средней площади пожаров в поврежденных насаждениях: с 2016–2021 гг. – 22,7 га, в 2022 г. – 394 га.

– Установлено, что на территории полиграфников средняя продолжительность пожароопасного сезона возрастает с запада на восток (Ачинском лесничестве он в среднем составляет 11 дней, в Емельяновском – 90, в Дзержинском – 102 дня.), что предполагает увеличение числа пожаров и горимости в будущем преимущественно в восточной зоне лесного района.

– Отмечается возрастание численности пожаров под влиянием увеличения площади очагов как полиграфа уссурийского (*P. proximus* B.), так и сибирского шелкопряда (*D. sibiricus* T.). Значительные поврежденные территории усыхают с течением времени (8 лет и 2 года, соответственно), что благоприятно влияет на распространение пожаров.

При современном уровне охраны лесов следует ожидать увеличения числа пожаров и относительной горимости в насаждениях, поврежденных энтомоповреждителями. Для предотвращения негативного сценария необходима разработка комплекса профилактических и хозяйственных мероприятий органами лесного хозяйства.

Список литературы

1. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // Лесоведение. – 2013. – № 5. – С. 50-61. – URL: <http://lesovedenie.ru/index.php/forestry/article/view/210>.
2. Липка О.Н., Корзухин М.Д., Замолотчиков Д.Г., Добролюбов Н.Ю., Крыленко С.В., Богданович А.Ю., Семенов С.М. Роль лесов в адаптации природных систем к изменениям климата // Лесоведение. – 2021. – № 5. – С. 531-546. – DOI: <http://doi.org/10.31857/S0024114821050077>. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?doi=10.31857/S0024114821050077>.
3. Прожерина Н.А., Наквасина Е.Н. Изменение климата и его влияние на адаптацию и внутривидовую изменчивость хвойных пород европейского севера России // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2022. – № 2. – С. 9-25. – DOI: <http://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-2-9-25>. – URL: <https://journals.narfu.ru/index.php/fj/article/view/923>.
4. Chen J., Wang X., Yu Y., Yuan X., Quan X., Huang H. Improved Prediction of Forest Fire Risk in Central and Northern China by a Time-Decaying Precipitation Model. *Forests*. 2022; 13 (3), 480. – DOI: <http://doi.org/10.3390/f13030480>.
5. Lohmander P., Mohammadi Z., Кальпар J., Tahri M., Берикб R., Holuла J., Марульб R. Future forest fires as functions of climate change and attack time for central Bohemian region, Czech Republic. *Annals of forest research*. 2022; 65 (1), p. 17-30. – DOI: <http://doi.org/10.15287/afr.2022.2183>.
6. Pokharel R., Latta G., Ohrel S.B. Estimating Climate-Sensitive Wildfire Risk and Tree Mortality Models for Use in Broad-Scale U.S. Forest Carbon Projections. *Forests*. 2023; 14 (2), 302. – DOI: <http://doi.org/10.3390/f14020302>.
7. Quan D., Quan H., Zhu W., Lin Z., Jin R. A Comparative Study on the Drivers of Forest Fires in Different Countries in the Cross-Border Area between China, North Korea and Russia. *Forests*, 2022; 13 (11), 1939. – DOI: <http://doi.org/10.3390/f13111939>.
8. Жила С.В., И.В. Фуряев, Ковалева Н.М. Оценка запасов лесных горючих материалов в поврежденных полиграфом уссурийским пихтовых древостоях Красноярского края // Сибирский лесной журнал. – 2023. – № 6. – С. 76-84. – DOI: <http://doi.org/10.15372/SJFS20230608>.
9. Гераськина А.П., Тебенькова Д.Н., Ершов Д.В., Ручинская Е.В., Сибирцева Н.В., Лукина Н.В. Пожары как фактор утраты биоразнообразия и функций лесных экосистем // Вопросы лесной науки. – 2021. – Т. 4. – № 2. – DOI: <http://doi.org/10.31509/2658-607x-202142-11>. – URL: https://jfsi.ru/4-2-2021-geraskina_et_al/.
10. Cessna J., Alonzo M.G., Foster A.C., Cook B.D. Mapping Boreal Forest Spruce Beetle Health Status at the Individual Crown Scale Using Fused Spectral and Structural Data. *Forests*, 2021; 12 (9), 1145. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f12091145>.
11. Слинкина О.А. Определение состояния темнохвойных лесов, поврежденных энтомоповреждителями, по спутниковым данным // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29. – № 2. – С. 51-61. – DOI: <http://doi.org/10.33764/2411-1759-2024-29-2-51-61>. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/380148122>.
12. Баранчиков Ю.Н. Взаимодействие науки и практики в защите таёжных лесов Красноярского края: вспышка массового размножения сибирского шелкопряда в конце 1960-х // Сибирский лесной журнал. – 2021. – № 5. – С. 92-100. – DOI: <http://doi.org/10.15372/SJFS20210510>. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47385694>.

13. Сулытсон С.М., Михайлов П.В., Горошко А.А., Демидко Д.А., Кулакова Н.Н., Слинкина О.А., Татаринцев А.И. Экологическая характеристика резерваций сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus*) (Insecta, Lasiocampidae) в условиях Алтае-Саянского горно-таежного лесного района // Поволжский экологический журнал. – 2024. – № 1. – С. 64-78. – DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-1-64-78>. – URL: <https://sevin.elpub.ru/jour/article/view/524>.
14. Kovalev A., Soukhovolsky V. Analysis of Forest Stand Resistance to Insect Attack According to Remote Sensing Data. *Forests*, 2021; 12 (9), 1188. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f12091188>.
15. Duarte A., Borralho N., Cabral P., Caetano M. Recent Advances in Forest Insect Pests and Diseases Monitoring Using UAV-Based Data: A Systematic Review. *Forests*, 2022; 13 (6), 911. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f13060911>.
16. Москальченко С.А., Пономарёв Е.И., Иванов А.В. Горимость лесов Красноярского края в современных условиях // Хвойные бореальной зоны. – 2014. Т. 32 – №1-2. – С. 33-39. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24957384>.
17. Подрезов Ю.В. Основные направления предупреждения чрезвычайных лесопожарных ситуаций // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2023. – № 2(392). – С. 172-182. – DOI: <http://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-172-182>. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50793233>.
18. Пармузин Ю.П. Средняя Сибирь. Очерк природы. – Москва: Издательство социально-экономической литературы «Мысль», 1964. – 313 с.
19. Блок мониторинга пожарной опасности. – Текст: электронный. // Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства – [сайт]. – URL: https://public.aviales.ru/main_pages/public.shtml (дата обращения: 11.08.2024).
20. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таежной зоне. – Новосибирск: Наука, 1990. – 204 с.
21. Валендик Э.Н., Кисильхов Е.К., Рыжкова В.А., Пономарёв Е.И., Данилова И.В. Крупные пожары в таежных ландшафтах Центральной Сибири // География и природные ресурсы. – 2014. – № 1. – С. 52-59. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21273682>.
22. Ponomarev E.I., Yakimov N.D., Ponomareva T.V., Yakubailik O.E., Conard S.G. Current Trend of Carbon Emissions from Wildfires in Siberia. *Atmosphere*. 2021; 12(5), 559. – DOI: <http://doi.org/10.3390/atmos12050559>. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46088164>.
23. Sul'tson S.M., Mikhaylov P.V., Kulakov S.S., Goroshko A.A. Opportunities for assessing the risk of an outbreak of Siberian silkworm (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv.) in taiga forests // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020 – Vol. 548, – p. 52051. – DOI: <http://doi.org/10.1088/1755-1315/548/5/052051>. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/548/5/052051>.
24. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2015. – №. 211. – С. 33-45. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23815854>.
25. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Волкова Е.С., Астапенко С.А. [и др.] Обзор современного вторичного ареала уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford) на территории Российской Федерации. // Российский журнал биологических инвазий. – 2024. – № 1. – С. 49-69. – DOI: <http://doi.org/10.35885/1996-1499-17-1-49-69>. – URL: https://invasjour.sev-in.ru/issues/2024_1.html.
26. Kharuk V.I., Ponomarev E.I., Ivanova G.A., Dvinskaya M.L., Coogan S.C.P., Flannigan M.D. Wildfires in the Siberian taiga. *Ambio*, 2021; 50 (11), p. 1953-1974. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01490-x>.
27. Hayasaka H. Rare and Extreme Wildland Fire in Sakha in 2021. *Atmosphere*, 2021; 12 (12), p. 1572. – DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12121572>.

28. Шерстюков Б.Г., Шерстюков А.Б. Оценки тенденций усиления лесных пожаров в России до конца XXI в. по данным сценарных экспериментов климатических моделей пятого поколения // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 5. – С. 17-30.
29. Школьник И.М., Мелешко В.П., Ефимов С.В., Стафеева Е.Н. Изменения экстремальности климата на территории Сибири к середине XXI в.: ансамблевый прогноз по региональной модели ГГО // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 2. – С. 5–22.
30. Roms D., Seeley J., Vollaro D., Molinari J. Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. *Science*, 2014; 346 (6211), p. 851-854. – DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1259100>.
31. Popova V., Fedonova P., Sultson S., Kulakova N., Mikhailov P., Khizhniak N. The impact of quarantine pests on forest health in Krasnoyarsk krai // BIO Web of Conferences, 2024. – Vol. 116, 03029. – DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411600001>.
32. Демографический ежегодник Красноярского края / Красноярское территориальное управление Федеральной службы государственной статистики. – Красноярск: Красноярскстат, 2020. – 202 с.

References

1. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G. Klimaticheskie izmeneniya i lesnye pozhary v Rossii [Climate change and forest fires in Russia]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science]. 2013; No. 5: 50-61. (In Russ.). URL: <http://lesovedenie.ru/index.php/forestry/article/view/210>.
2. Lipka O.N., Korzukhin M.D., Zamolodchikov D.G., Dobrolyubov N.Yu., Krylenko S.V., Bogdanovich A.Yu., Semenov S.M. Rol' lesov v adaptatsii prirodnnykh sistem k izmeneniyam klimata [The role of forests in the adaptation of natural systems to climate change]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science]. 2021; No. 5: 531-546. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.31857/S0024114821050077>.
3. Prozherina N.A., Nakvasina E.N. Izmenenie klimata i ego vliyanie na adaptatsiyu i vnutrividovuyu izmenchivost' khvoynnykh porod evropeyskogo severa Rossii [Climate change and its impact on adaptation and intraspecific variability of coniferous species in the European north of Russia]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Russian Forestry Journal]. 2022; No. 2: 9-25. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-2-9-25>.
4. Chen J., Wang X., Yu Y., Yuan X., Quan X., Huang H. Improved Prediction of Forest Fire Risk in Central and Northern China by a Time-Decaying Precipitation Model. *Forests*. 2022; 13 (3): 480. DOI: <http://doi.org/10.3390/f13030480>.
5. Lohmander P., Mohammadi Z., Kašpar J., Tahri M., Beráněk R., Holuša J., Marušák R. Future forest fires as functions of climate change and attack time for central Bohemian region, Czech Republic. *Annals of forest research*. 2022; 65 (1): 17-30. DOI: <http://doi.org/10.15287/afr.2022.2183>.
6. Pokharel R., Latta G., Ohrel S.B. Estimating Climate-Sensitive Wildfire Risk and Tree Mortality Models for Use in Broad-Scale U.S. Forest Carbon Projections. *Forests*. 2023; 14 (2): 302. DOI: <http://doi.org/10.3390/f14020302>.
7. Quan D., Quan H., Zhu W., Lin Z., Jin R. A Comparative Study on the Drivers of Forest Fires in Different Countries in the Cross-Border Area between China, North Korea and Russia. *Forests*. 2022; 13 (11): 1939. DOI: <http://doi.org/10.3390/f13111939>.
8. Zhila S.V., Furyaev I.V., Kovaleva N.M. Otsenka zapasov lesnykh goryuchikh materialov v povrezhdennykh poligrafom ussuriyskim pikhtovykh drevostoyakh Krasnoyarskogo kraia [Assessment of forest fuel loads in fir stands of Krasnoyarsk krai damaged by the Ussuri bark beetle]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Russian Journal of Forest Science]. 2023; No. 6: 76-84. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.15372/SJFS20230608>.
9. Geraskina A.P., Tebenkova D.N., Ershov D.V., Ruchinskaya E.V., Sibirtseva N.V., Lukina N.V. Pozhary kak faktor utraty bioraznoobraziya i funktsiy lesnykh ekosistem [Fires as a factor of biodiversity and forest ecosystems functions loss]. *Voprosy lesnoy nauki* [Forest Science Issues]. 2021; 4 (2). (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.31509/2658-607x-202142-11>.

10. Cessna J., Alonzo M.G., Foster A.C., Cook B.D. Mapping Boreal Forest Spruce Beetle Health Status at the Individual Crown Scale Using Fused Spectral and Structural Data. *Forests*. 2021; 12 (9): 1145. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12091145>.
11. Slinkina O.A. Opredelenie sostoyaniya temnokhvoynykh lesov, povrezhdennykh entomovreditelyami, po sputnikovym dannym [Determination of the state of dark coniferous forests damaged by insect pests using satellite data]. *Vestnik SSUGT [Bulletin of SSUGT]*. 2024; 29 (2): 51-61. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.33764/2411-1759-2024-29-2-51-61>.
12. Baranchikov Yu.N. Vzaimodeystvie nauki i praktiki v zashchite tayozhnykh lesov Krasnoyarskogo kraya: vspyshka massovogo razmnzheniya sibirskogo shelkopryada v kontse 1960-kh [Interaction of science and practice in protection of taiga forests of Krasnoyarsk krai: the outbreak of the Siberian silk moth in the late 1960s]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal [Russian Journal of Forest Science]*. 2021; No. 5: 92-100. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.15372/SJFS20210510>.
13. Sultson S.M., Mikhaylov P.V., Goroshko A.A., Demidko D.A., Kulakova N.N., Slinkina O.A., Tatarintsev A.I. Ekologicheskaya kharakteristika rezervatsiy sibirskogo shelkopryada (*Dendrolimus sibiricus*) (Insecta, Lasiocampidae) v usloviyakh Altae-Sayanskogo gorno-tayozhnogo lesnogo rayona [Ecological characteristics of the Siberian silk moth (*Dendrolimus sibiricus*) (Insecta, Lasiocampidae) reservations in the Altai-Sayan mountain taiga forest region]. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal [Povolzhsky Journal of Ecology]*. 2024; No. 1: 64-78. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-1-64-78>.
14. Kovalev A., Soukhovolsky V. Analysis of Forest Stand Resistance to Insect Attack According to Remote Sensing Data. *Forests*. 2021; 12 (9): 1188. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12091188>.
15. Duarte A., Borralho N., Cabral P., Caetano M. Recent Advances in Forest Insect Pests and Diseases Monitoring Using UAV-Based Data: A Systematic Review. *Forests*. 2022; 13 (6): 911. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13060911>.
16. Moskalchenko S.A., Ponomarev E.I., Ivanov A.V. Gorimost' lesov Krasnoyarskogo kraya v sovremennykh usloviyakh [Forest fire danger in Krasnoyarsk krai under modern conditions]. *Khvoynye boreal'noy zony [Conifers of the Boreal Zone]*. 2014; 32 (1-2): 33-39. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24957384>.
17. Podrezov Yu.V. Osnovnye napravleniya preduprezhdeniya chrezvychaynykh lesopozharnykh situatsiy [The main directions of emergency forest fire situations prevention]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal [Russian Forestry Journal]*. 2023; No. 2 (392): 172-182. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-172-182>.
18. Parmuzin Yu.P. Srednyaya Sibir'. Ocherk prirody [Middle Siberia. Essay on nature]. Moscow: Mysl' Publishing House; 1964. 313 p. (In Russ.).
19. Blok monitoringa pozharoy opasnosti [Fire danger monitoring unit]. Informatsionnaya sistema distantsionnogo monitoringa Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaystva [Information system of remote monitoring of the Federal Forestry Agency]. Available at: https://public.aviales.ru/main_pages/public.shtml (accessed: 11.08.2024). (In Russ.).
20. Sofronov M.A., Volokitina A.V. Pirologicheskoy rayonirovanie v tayozhnoy zone [Pyrological zoning in the taiga zone]. Novosibirsk: Nauka; 1990. 204 p. (In Russ.).
21. Valendik E.N., Kisilyakhov E.K., Ryzhkova V.A., Ponomarev E.I., Danilova I.V. Krupnye pozhar y v tayozhnykh landshaftakh Tsentral'noy Sibiri [Large fires in the taiga landscapes of Central Siberia]. *Geografiya i prirodnye resursy [Geography and Natural Resources]*. 2014; No. 1: 52-59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21273682>.
22. Ponomarev E.I., Yakimov N.D., Ponomareva T.V., Yakubailik O.E., Conard S.G. Current Trend of Carbon Emissions from Wildfires in Siberia. *Atmosphere*. 2021; 12 (5): 559. DOI: <http://doi.org/10.3390/atmos12050559>.
23. Sul'tson S.M., Mikhaylov P.V., Kulakov S.S., Goroshko A.A. Opportunities for assessing the risk of an outbreak of Siberian silkworm (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv.) in taiga forests. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548: 052051. DOI: <http://doi.org/10.1088/1755-1315/548/5/052051>.
24. Krivets S.A., Kerchev I.A., Bisirova E.M., Demidko D.A., Pet'ko V.M., Baranchikov Yu.N. Rasprostranenie ussuriyskogo poligrafa *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) v Sibiri [Spread of

- the four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) in Siberia]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of the Saint Petersburg State Forest Technical Academy]. 2015; No. 211: 33-45. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23815854>.
25. Krivets S.A., Kerchev I.A., Bisirova E.M., Volkova E.S., Astapenko S.A. [et al.] *Obzor sovremennogo vtorichnogo areala ussuriyskogo poligrafa (Polygraphus proximus Blandford) na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Review of the current secondary range of the Ussurian polygraph (*Polygraphus proximus* Blandford) in the Russian Federation]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy* [Russian Journal of Biological Invasions]. 2024; No. 1: 49-69. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.35885/1996-1499-17-1-49-69>.
26. Kharuk V.I., Ponomarev E.I., Ivanova G.A., Dvinskaya M.L., Coogan S.C.P., Flannigan M.D. Wildfires in the Siberian taiga. *Ambio*. 2021; 50 (11): 1953-1974. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01490-x>.
27. Hayasaka H. Rare and Extreme Wildland Fire in Sakha in 2021. *Atmosphere*. 2021; 12 (12): 1572. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12121572>.
28. Sherstyukov B.G., Sherstyukov A.B. *Otsenki tendentsiy usileniya lesnykh pozharov v Rossii do kontsa XXI v. po dannym stsennarnykh eksperimentov klimaticheskikh modeley pyatogo pokoleniya* [Assessments of trends in the intensification of forest fires in Russia until the end of the 21st century based on scenario experiments with fifth-generation climate models]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Russian Meteorology and Hydrology]. 2014; No. 5: 17-30. (In Russ.).
29. Shkolnik I.M., Meleshko V.P., Efimov S.V., Stafeva E.N. *Izmeneniya ekstremal'nosti klimata na territorii Sibiri k seredine XXI v.: ansamblevyy prognoz po regional'noy modeli GGO* [Changes in climate extremes over Siberia by the mid-21st century: An ensemble forecast using the Voeikov Main Geophysical Observatory regional model]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Russian Meteorology and Hydrology]. 2012; No. 2: 5-22. (In Russ.).
30. Roms D., Seeley J., Vollaro D., Molinari J. Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming. *Science*. 2014; 346 (6211): 851-854. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1259100>.
31. Popova V., Fedonova P., Sultson S., Kulakova N., Mikhailov P., Khizhniak N. The impact of quarantine pests on forest health in Krasnoyarsk krai. *BIO Web of Conferences*. 2024; 116: 03029. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411600001>.
32. *Demograficheskiy ezhegodnik Krasnoyarskogo kraya* [Demographic Yearbook of the Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk: Krasnoyarskstat; 2020. 202 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

✉ *Мельник Александра Игоревна* – старший преподаватель кафедры лесного хозяйства и природопользования ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037 Российская Федерация, младший научный сотрудник лаборатории «Лесных экосистем», ORCID 0000-0002-1673-1639, e-mail: aleksandrana2013@gmail.com.

Вайс Андрей Андреевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесного хозяйства и природопользования ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037 Российская Федерация, ведущий научный сотрудник лаборатории «Лесных экосистем», ORCID 0000-0003-4965-3670, e-mail: vais6365@mail.ru.

Михайлов Павел Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедры лесного хозяйства и природопользования ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037 Российская Федерация, ведущий научный сотрудник лаборатории «Лесных экосистем», ORCID 0000-0003-3967-0709, e-mail: mihaylov.p.v@mail.ru.

Селиванов Владислав Витальевич – инженер лаборатории «Лесных экосистем», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037 Российская Федерация, e-mail: selivan23.04@mail.ru.

Information about the authors

✉ *Aleksandra I. Melnik* – senior lecturer of the Department of Forestry and Natural Resource Management in FSBEI HE «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk, Russian Federation 660037, junior researcher in Scientific Laboratory of Forest Ecosystems, ORCID 0000-0002-1673-1639, e-mail: aleksandrana2013@gmail.com.

Andrey A. Vais – DSc (Agric.), Professor of the Department of Forestry and Natural Resource Management in FSBEI HE «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk, Russian Federation 660037, leading researcher in Scientific Laboratory of Forest Ecosystems, ORCID 0000-0003-4965-3670, e-mail: vais6365@mail.ru.

Pavel V. Mikhailov – CSc (Agric.), Head of the Department of Forestry and Natural Resource Management in FSBEI HE «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk, Russian Federation 660037, leading researcher in Scientific Laboratory of Forest Ecosystems, ORCID 0000-0003-3967-0709, e-mail: mihaylov.p.v@mail.ru.

Vladislav V. Selivanov – technician in Scientific Laboratory of Forest Ecosystems, FSBEI HE «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk, Russian Federation 660037, e-mail: selivan23.04@mail.ru.