



DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-250407>

EDN: <https://elibrary.ru/kyehbz>

УДК 630.18:630.5(571.51)

Научная статья

**Деградация таежных лесных экосистем
Средней Сибири после массовой
дефолиации сибирским шелкопрядом
Dendrolimus sibiricus Tchetv., 1908**

С.М. Сультсон*^{ID}, О.А. Слинкина^{ID}, Н.Н. Кулакова^{ID},
П.В. Михайлов^{ID}, И.А. Воробьева^{ID}, Л.И. Романова^{ID}

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева, 660037, Россия, г. Красноярск, пр-кт им. газеты Красноярский рабочий, д. 31

*sultson2011@yandex.ru

Аннотация. Проблема масштабной деградации темнохвойных таежных лесов вследствие массового размножения сибирского шелкопряда до настоящего момента остается актуальной. Неизбежная последующая гибель деревьев может трактоваться как экономическая и лесохозяйственная катастрофа. В работе приведены результаты оценки текущего состояния древостоев и сукцессионных процессов на участке темнохвойных лесов, погибших вследствие вспышки сибирского шелкопряда (2015–2018 гг.) в границах таежной зоны Средней Сибири. Обследование, проведенное спустя 9 лет с момента начала вспышки, зафиксировало масштабные процессы деградации, возникшие вследствие повреждения деревьев лесообразующих хвойных пород (пихты сибирской *Abies sibirica* Ledeb, кедра сибирского *Pinus sibirica* Du Tour, ели сибирской *Picea obovata* Ledeb.) с массовым вывалом погибших деревьев, накоплением сухостойной и мертвой древесины. Произведена таксация поврежденных насаждений с определением процента отпада, запасов сухостойной и валежной древесины. Выявлены активные процессы задержания почвы, зарастания площади березой повислой *Betula pendula* Roth. с одновременным отсутствием подроста хвойных пород. В связи с гибелью деревьев нарушился гидрологический режим почв, что привело к трансформации всего лесного участка в лесоболотную экосистему. Одновременно шелкопрядники на несколько десятилетий становятся источником эмиссий в результате разложения и горения древесины, что негативно сказывается на климатических процессах. Избежать подобных последствий возможно путем своевременной вырубki поврежденных деревьев пихты и кедра до момента их массового отмирания и распада древостоя с последующим проведением искусственного лесовосстановления.

Ключевые слова: темнохвойная тайга, насекомые-фитофаги, поврежденные насаждения, сукцессия, отпад древостоя, крупные древесные остатки, процессы заболачивания, трансформация лесного участка

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение коллективом научной лаборатории «Защита леса» проекта «Методологические основы оценки лесопатологических рисков в насаждениях юга Средней Сибири» (№ FEFE-2024-0016).

ORCID:

С.М. Сультсон, <https://orcid.org/0000-0001-5679-1874>

О.А. Слинкина, <https://orcid.org/0000-0001-9453-318X>

Н.Н. Кулакова, <https://orcid.org/0000-0001-6900-5115>

П.В. Михайлов, <https://orcid.org/0000-0003-3967-0709>

И.А. Воробьева, <https://orcid.org/0009-0003-8518-1970>

Л.И. Романова, <https://orcid.org/0009-0003-1377-3379>

Для цитирования: Сультсон, С.М. и др., 2026. Деградация таежных лесных экосистем Средней Сибири после массовой дефолиации сибирским шелкопрядом *Dendrolimus sibiricus* Tchetv., 1908. *Трансформация экосистем* 9 (2), 69–86. <https://doi.org/10.23859/estr-250407>

Поступила в редакцию: 07.04.2025

Принята к печати: 22.05.2025

Опубликована онлайн: 17.04.2026

DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-250407>

EDN: <https://elibrary.ru/kyehbz>

UDC 630.18:630.5(571.51)

Article

Taiga ecosystems degradation in Central Siberia following defoliation by the Siberian moth *Dendrolimus sibiricus* Tchetv., 1908

S.M. Sultson*, O.A. Slinkina, N.N. Kulakova,

P.V. Mikhailov, I.A. Vorobyeva, L.I. Romanova

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Prospekt imeny gazety Krasnoyarsky Rabochy St. 31, Krasnoyarsk, 660037 Russia

*sultson2011@yandex.ru

Abstract. The issue of large-scale degradation of dark coniferous taiga forests due to the Siberian moth outbreaks remains a matter of contemporary concern. The imminent forest dieback can be regarded not only as an ecological problem, but also as an economic catastrophe. The present paper sets forth the findings of an investigation into the current state and identification of successional stages in dark coniferous forests that have been disturbed by an outbreak of the Siberian moth (2015–2018) in Central Siberia. A field study conducted nine years after the onset of the outbreak revealed large-scale forest degradation that arose as a result of damage to forest-forming coniferous species (Siberian fir *Abies*

sibirica Ledeb, Siberian pine *Pinus sibirica* Du Tour, Siberian spruce *Picea obovata* Ledeb.), followed by a significant increase in deadwood volume (standing dead and fallen trees). A forest inventory was conducted in disturbed stands, encompassing the determination of tree mortality rate and the volume of deadwood (both snag and coarse woody debris). The analysis revealed that soil quality had deteriorated due to the presence of a dense herb layer. Furthermore, it was observed that the area was being colonized by silver birch *Betula pendula* Roth. in the absence of coniferous saplings. The mortality of trees has been shown to result in the disturbance of the soil hydrological regime, thereby leading to the transformation of the entire forest site into a forest-swamp ecosystem. At the same time, forests affected by the Siberian moth experience a period of heightened emissions spanning several decades. This is due to wood decomposition and recurrent fires, both of which are known to have an adverse effect on the climate. Such consequences can be avoided by felling damaged Siberian fir and Siberian pine trees in a timely manner, before the entire forest stand is destroyed, and by implementing artificial reforestation projects.

Keywords: dark coniferous taiga, phytophagous insects, disturbed stands, succession, tree mortality, coarse woody debris, paludification, forest transformation

Funding. The research was carried out within the framework of the project "Methodological bases for assessment of forest pathology risks in southern Central Siberia" (No. FEFE-2024-0016) under the state order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for implementation by the Scientific Laboratory of Forest Health.

ORCID:

S.M. Sultson, <https://orcid.org/0000-0001-5679-1874>

O.A. Slinkina, <https://orcid.org/0000-0001-9453-318X>

N.N. Kulakova, <https://orcid.org/0000-0001-6900-5115>

P.V. Mikhailov, <https://orcid.org/0000-0003-3967-0709>

I.A. Vorobyeva, <https://orcid.org/0009-0003-8518-1970>

L.I. Romanova, <https://orcid.org/0009-0003-1377-3379>

To cite this article: Sultson, S.M. et al., 2026. Taiga ecosystems degradation in Central Siberia following defoliation by the Siberian moth *Dendrolimus sibiricus* Tchetv., 1908. *Ecosystem Transformation* 9 (2), 69–86. <https://doi.org/10.23859/estr-250407>

Received: 07.04.2025

Accepted: 22.05.2025

Published online: 17.04.2026

Введение

Средняя Сибирь является одной из крупнейших лесных экосистем в мире, характеризуется значительным биологическим разнообразием и сложной структурой, динамика которой обусловлена множеством факторов, включая биотические и абиотические влияния (Ведрова и др., 2018). Одним из ключевых биотических факторов, оказывающих существенное влияние на сукцессионные процессы в таежных лесах, является сибирский шелкопряд *Dendrolimus sibiricus* Tschetv., 1908, который является аборигенным насекомым-вредителем. Вспышки его массового размножения носят циклический характер: они возникают в среднем каждые 10-15 лет и обусловлены благоприятными погодными условиями (Дергунов и Якубайлик, 2019; Коломиец, 1962; Кондаков, 1974). Массовое размножение данного вредителя вызывает значительные изменения в структуре и функционировании темнохвойных лесов, запуская цепь экологических процессов, меняющих видовой состав, структуру леса и биологическое разнообразие (Буренина и др., 2005; Денисова и др., 2020; Ковалев и Цикалова, 2023; Краснощеков и Безкоровайная, 2008; Мельниченко, 2020; Чикидов и Тимофеев, 2014). Наибольший ущерб шелкопряд причиняет лесам с преобладанием пихты сибирской *Abies sibirica* Ledeb. и кедра сибирского *Pinus sibirica* Du Tour. Биологической особенностью темнохвойных пород является крайне низкая устойчивость к потере хвои: при объ-

едании фитомассы кроны от 75% и выше они гибнут практически полностью. В древостоях пихты сибирской с участием ели сибирской *Picea obovata* Ledeb. отпад стволов начинается на четвертый–пятый год после гибели пихтарника, достигая максимума еще через три–пять лет (Ведрова и др., 2018; Гродницкий, 2004; Ковалев и Цикалова, 2023; Чикидов и Тимофеев, 2014). Отмирание кедра сибирского в древостоях, где он участвовал в составе в равных или меньших долях с пихтой сибирской, протекает менее интенсивно (Гродницкий, 2004; Князева и др., 2019а; Мохирев и др., 2023). В результате происходит полная деградация и трансформация растительного сообщества, которая занимает целые десятилетия.

За последние десять лет одна из крупных вспышек численности фитофага произошла на территории таежной зоны Средней Сибири (в границах Красноярского края) в период с 2015 по 2018 гг. Первый очаг зафиксирован в 2015 г. на площади 21 тыс. га на территории Енисейского лесничества Красноярского края. К концу 2016 г. наблюдался наибольший прирост площади зоны повреждения. В 2017 г. новые очаги были выявлены в пяти лесничествах края: Северо-Енисейском, Нижне-Енисейском, Енисейском, а также (с наименьшим приростом) в Мотыгинском и Тухтетском лесничествах. К концу 2018 г. очаг полностью затух благодаря проведенным мероприятиям по его ликвидации (80%) и естественным факторам (20%)^{1, 2}. По данным Центра защиты леса Красноярского края, в результате вспышки фитофага повреждено 620 тыс. га насаждений (Павлов и др., 2018). По информации, полученной с применением современных технологий анализа данных дистанционного зондирования Земли, в итоге³ (Hansen et al., 2013) полностью погибло около 470 тыс. га темнохвойных насаждений (Рис. 1).

Своевременность вырубki поврежденных деревьев в рамках действующего лесного законодательства невозможна в связи с установленными критериями назначения санитарных рубок⁴ и ограничения рубок в кедровых лесах⁵. В настоящее время лесные экосистемы на пораженной территории, так называемые шелкопрядники, проходят определенные процессы деградации и трансформации.

Целью данной работы являлась оценка состояния нарушенных темнохвойных древостоев и анализ сукцессионных процессов, происходящих в настоящее время после массовой дефолиации деревьев гусеницами сибирского шелкопряда.

Материалы и методы

Объектом изучения являлась территория, расположенная в границах Назимовского участка лесничества и Енисейского лесничества Красноярского края. Район территории относится к таежной лесорастительной зоне, Западно-Сибирскому среднетаежному равнинному лесному району⁶. Климат территории резко континентальный, со среднегодовой температурой $-2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, с суровой продолжительной зимой и коротким относительно влажным летом. Средняя температура января $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, июля $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вегетационный период в среднем составляет 145 дней. Среднегодовая скорость ветра не имеет строгой закономерности изменения и составляет 3.8–4 м/с. Относительная влажность воздуха – 75 %. Суммарное количество осадков – 497 мм, основная их часть (60–70 %) выпадает в теплое время года (Плешиков и др., 2002).

Территория лесного участка в пределах лесничества расположена в бассейне р. Енисей, относится к Западно-Сибирской низменности и представляет собой плоско-холмистую равнину, где широкие долины рек чередуются с водоразделами, относительные превышения которых дости-

¹ Результаты государственного лесопатологического мониторинга. Федеральное агентство лесного хозяйства России «Рослесхоз». Интернет-ресурс. URL: https://rosleshoz.gov.ru/activity/forest_security_and_protection/stat (дата обращения: 31.03.2025).

² Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Российской Федерации. Федеральное агентство лесного хозяйства России «Рослесхоз»; 2023. Интернет-ресурс. URL: <https://clck.ru/3KSpAP> (дата обращения: 31.03.2025).

³ Карта потери лесного покрова из набора данных Global Forest Watch, v1.10. Интернет-ресурс. URL: <https://storage.googleapis.com/earthenginepartners-hansen/GFC-2024-v1.12/download.html> (дата обращения: 07.03.2025)

⁴ Правила санитарной безопасности в лесах. Утверждены постановлением правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 года N 2047.

⁵ Ст. 115 Лесного кодекса Российской Федерации от 04 декабря 2006 г. N 200-ФЗ.

⁶ Лесной план Красноярского края на период 2019–2028 гг. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края. Интернет-ресурс. URL: http://zakon.krskstate.ru/dat/bin/docs_attach/89481_332_uq.pdf (дата обращения: 07.03.2025).

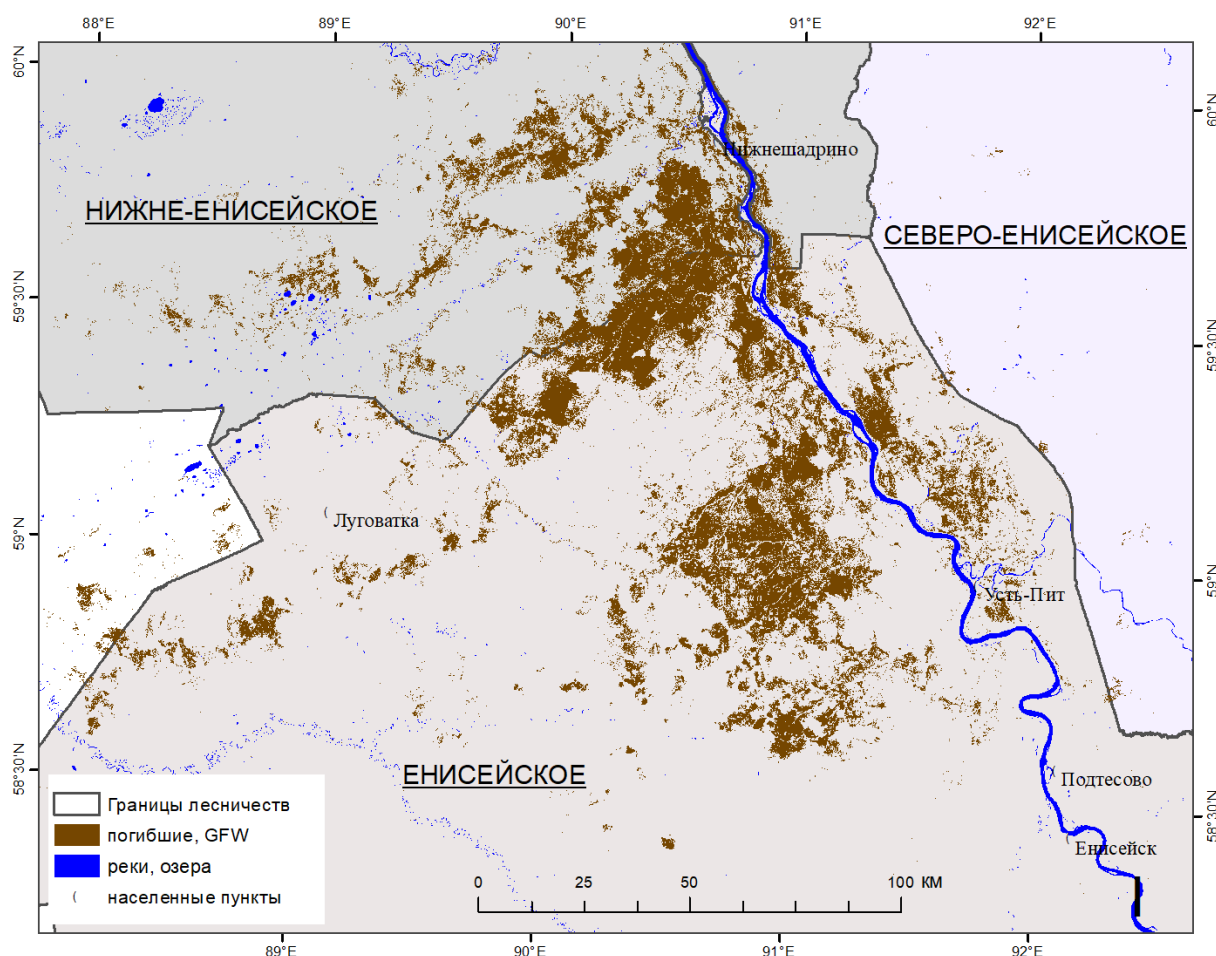


Рис. 1. Площадь погибших темнохвойных лесов в результате вспышки сибирского шелкопряда (2015–2018 гг.) в границах таежной зоны Средней Сибири (Енисейское лесничество Красноярского края).

гают 70–80 м. Надпойменные террасы рек имеют депрессии, заполненные верховыми и переходными болотами (Mokhirev, 2017).

По данным материалов лесоустройства Енисейского лесничества (2007 г.)⁷ участок относится к эксплуатационным лесам. Некоторые таксационные выделы имеют статус особо защитных участков (ОЗУ) – кедровые леса и полосы леса шириной 1 км вокруг населенных пунктов (вблизи пос. Назимово).

До начала момента деградации (гибели) лесных насаждений (2015 г.), обусловленной вспышкой сибирского шелкопряда, лесной покров составляли хвойные смешанные насаждения с преобладанием кедра сибирского, пихты сибирской и ели сибирской, 1–2 единицы состава приходилось на березу повислую *Betula pendula* Roth и единично осину обыкновенную *Populus tremula* L.. По возрастной структуре древостои спелые и перестойные, 3–4 классов бонитета, с запасом древесины 200–290 м³/га, преимущественно зеленомошной и травяной групп типов леса. Территория характеризуется близким залеганием грунтовых вод, вследствие чего почвы переувлажнены. Почвы торфяно-болотные, тяжелосуглинистые сырые и дерново-глеево-подзолистые, суглинистые, свежие и влажные.

В настоящее время по данным Global Forest Watch площадь относится к погибшим насаждениям⁸. На Рис. 2 показано состояние лесного покрова в 2019 г. после вспышки сибирского

⁷ Приказ Министерства лесного хозяйства Красноярского Края от 20 сентября 2018 года N 1363-од «Об утверждении Лесохозяйственного регламента Енисейского лесничества» (с изменениями на 3 июля 2024 года).

⁸ Карта потери лесного покрова из набора данных Global Forest Watch, v1.10. Интернет-ресурс. URL: <https://storage.googleapis.com/earthenginepartners-hansen/GFC-2024-v1.12/download.html> (дата обращения: 07.03.2025)

шелкопряда, свидетельствующее о нарушенной функциональной устойчивости темнохвойных насаждений с перспективами дальнейшей деградации. На снимке живая фотосинтезирующая растительность отображается оттенками зеленого, нерастительные участки – оттенками красного и розового, водные поверхности - синим цветом (Батжаргал и др., 2022).

Оценка текущего состояния территории исследования после вспышки массового размножения сибирского шелкопряда проведена по данным комплексного натурного обследования в июле 2024 г.

Обследование нарушенных участков выполнялось по адаптированной методике, применяемой при государственной инвентаризации лесов (ГИЛ)⁹. Всего было обследовано 18 пробных площадей (ПП), заложенных в границах Енисейского лесничества, Назимовского участкового лесничества в кварталах 64, 65, 96 (Рис. 2). На ПП проводилась таксация древесного яруса, учет подроста и подлеска, определялся состав живого напочвенного покрова, крупных древесных остатков (мертвой древесины). При перечете древостоя для каждого дерева определялась длина окружности ствола на высоте 1.3 м, высота, жизненное состояние дерева (живое/мертвое).

Крупные древесные остатки (КДО) определялись как все надземные древесные остатки диаметром не менее 5 см в тонком конце. Структурно КДО подразделяли на три основные группы: сухостой, валежник, пни (Климченко, 2011; Климченко и др., 2011; Мохирев и др., 2023; Трефилова и др., 2015).

Учет валежника и пней проводился с разбиением на три стадии разложения с измерением линейных параметров. При расчетах запаса валежа объемы пней были отнесены к категории валежной древесины и при расчетах учтены в общем значении (Мохирев и др., 2023).

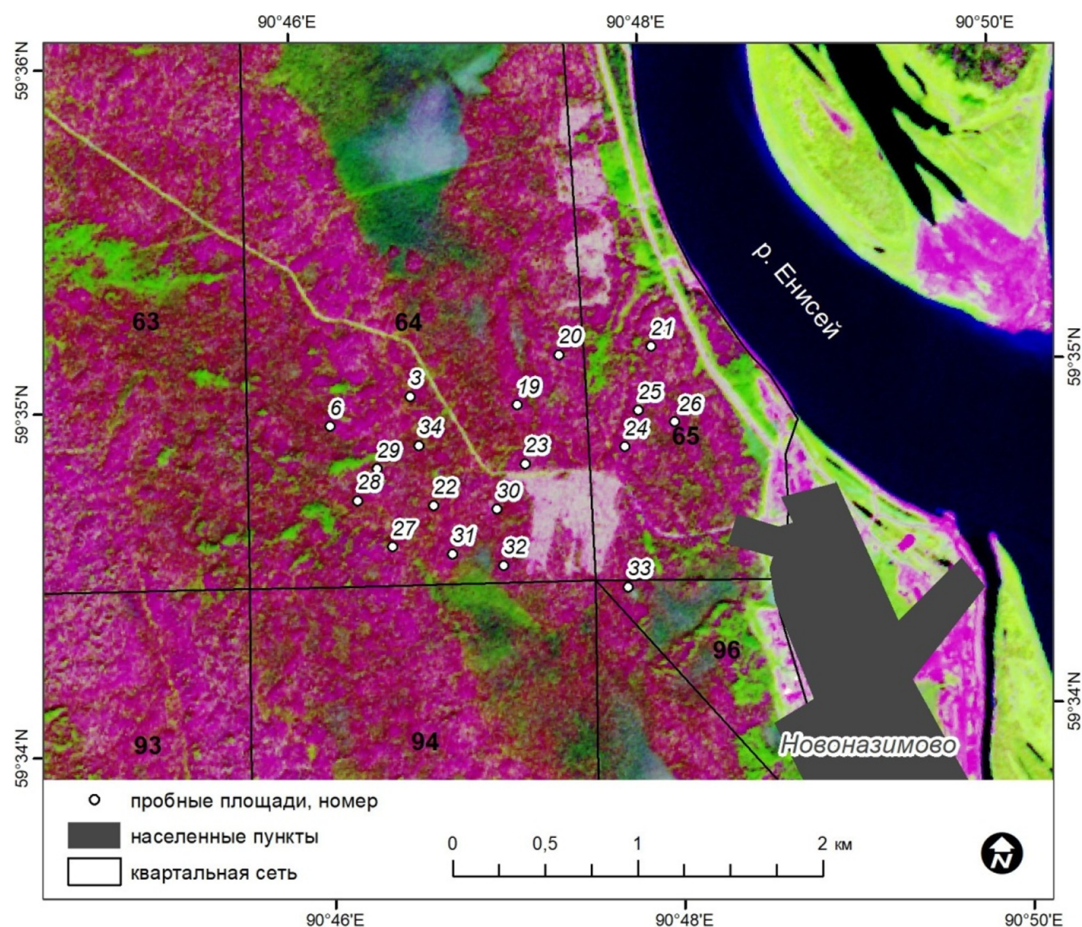


Рис. 2. Карта состояния участков лесного фонда по данным спутниковой съемки Sentinel-2 на 01.07.2019 г. после массовой дефолиации деревьев сибирским шелкопрядом (окончание вспышки).

⁹ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27 сентября 2021 года N 686 «Об утверждении Порядка проведения государственной инвентаризации лесов».

Результаты

На момент обследования лесной участок находился на одной из начальных стадий сукцессии. Состояние отдельных пробных площадей на текущий период представлено на Рис. 3.

Произошло 100% повреждение деревьев лесобразующих хвойных пород (пихты сибирской, кедра сибирского, ели сибирской) с массовым вывалом погибших хвойных деревьев, накоплением сухостойной и мертвой древесины. В Табл. 1 представлены результаты оценки запасов стволовой древесины и количество отпада по материалам 18 пробных площадей, заложенных в границах обследуемого участка.

Подробные значения запасов сухостоя и валежа 1-2 класса разложения на пробных площадях представлены в Табл. 2. В категории сухостоя кедр сибирский как ценная порода (ст. 115 ЛК РФ) учитывался отдельно.

По результатам исследований, в среднем запас погибших деревьев составляет около 300 м³/га, из которых треть содержится в валеже и две трети – в сухостое. Древесина полностью утратила свои товарные качества и эксплуатироваться не может. Живые деревья на обследованных участках леса представлены исключительно березой повислой. Встречаются единичные экземпляры подроста пихты сибирской, однако по состоянию жизнеспособности они относятся к сомнительной категории. Большинство упавших деревьев не соприкасаются с поверхностью земли, древесина хорошо просушена и разлагается медленно, представляя собой значительные запасы лесных горючих материалов.

В результате нарушения древесного полога активно развивается живой напочвенный покров. Среди травостоя преобладает вейник *Calamagrostis* sp., способный к быстрому образованию дернины, а также иные светолюбивые травы. Активно развиваются заросли подлесочных пород, представленных спиреей иволистной *Spiraea salicifolia* L. и малиной обыкновенной *Rubus idaeus* L. Примеры состояния живого напочвенного покрова представлены на Рис. 4. В связи с гибелью деревьев произошли нарушения гидрологического режима почв, что привело к трансформации всего лесного участка в лесоболотную экосистему.

Обсуждение результатов

Спустя девять лет с момента начала вспышки развитие ситуации после массового повреждения темнохвойных насаждений (связанного с высокой долей объедания фитомассы крон деревьев гусеницами сибирского шелкопряда) происходит по типичному для таких территорий сукцессионному сценарию (Гродницкий, 2004; Гродницкий и др., 2002; Князева и др., 2019а, б).

Массовая гибель и вывал деревьев пихты сибирской и ели сибирской обусловлены их низкой устойчивостью к объеданию кроны, поскольку данные породы не способны образовывать вторичную хвою (в отличие от лиственницы) (Гродницкий, 2004; Им и др., 2007; Перевозникова и Баранчиков, 2002; Чикидов, 2017). Для кедра сибирского характерна более высокая устойчивость, так как он обладает вдвое большей биомассой хвои (Гродницкий, 2004). На момент обследования стволы кедра составляли одну из основных долей в составе сухостоя. Отпад деревьев преимущественно составляют пихта сибирская и ель сибирская.

В перспективе, исходя из текущей ситуации, сценарий развития сводится к следующим процессам. После массового вывала деревьев начинаются процессы гниения древесины, которые занимают ориентировочно 20–80 лет (без учета пожароопасной обстановки) (Гродницкий и др., 2002). В условиях таежной зоны интенсивность разложения мортмассы хвойных пород (кедра сибирского, пихты сибирской, ели сибирской) составляет в среднем 3% от общего запаса валежной древесины в год (Ведрова, 1998, 2002, 2005).

Скопление больших запасов мертвой древесины существенно повышает пожарную опасность, в связи с чем создается постоянная угроза возникновения интенсивных лесных пожаров (Жила и др., 2023). Также запас горючих материалов увеличивается вследствие процесса задержания почвы, поскольку травяная ветошь (отмершие части травянистых растений) накапливается, создавая слой толщиной до 20 см. Весной и ранним летом сухая ветошь злаковых трав легко воспламеняется, вследствие чего возникает высокая вероятность интенсивного возгорания и распространения огня по всей территории (Валендик и др., 2004а, б; Гродницкий, 2004; Гродницкий и др., 2002).

Известно, что для шелкопрядников характерны многократные пожары. В сравнении с ненарушенными насаждениями количество пожаров в пораженных массивах увеличивается семикратно с превышением относительной площади более чем в 20 раз. Площадь пожаров ориентировочно составляет 47% от общей площади (более 1000 га), на которых не происходит лесовосстановление хвойных пород; 90% этой площади занято травяно-кустарничковыми и мелколиственными ценозами



Рис. 3. Текущее состояние темнохвойных древостоев, нарушенных в результате массовой дефолиации сибирским шелкопрядом в период с 2015 по 2018 гг. **А** – ПП № 3, **В** – ПП № 6, **С** – ПП № 19, **Д** – ПП № 20, **Е** – ПП № 21, **Ф** – ПП № 22 (все фото сделаны в июле 2024 г.).

Табл. 1. Запасы стволовой древесины и процент погибших деревьев (отпад) на пробных площадях. Формула состава отражает наименование древесной породы (К – кедр сибирский, П – пихта сибирская, Е – ель сибирская, Б – береза повислая) и долю (%) ее участия в общем запасе древостоя.

№ ПП	Состав	Общий запас, м ³ /га	Запас живых деревьев, м ³ /га	Запас сухостоя и валежа 1–2 стадии разложения, м ³ /га	Отпад (по запасу, %)
3	37К 26Б 19Е 18П	214	54	160	75
6	64П 28К 5Б 4Е	273	13	260	95
19	56К 43П 1Б	323	0	323	100
20	51К 31П 16Е 2Б	402	7	395	98
21	50П 38Е 12Б	278	0	278	100
22	76К 11П 7Б 6Е	347	24	323	93
23	58П 37К 4Б	340	5	335	99
24	70К 24П 5Е 1Б	364	0	364	100
25	58К 38П 4Е 1Б	316	3	313	99
26	58К 38П 3Б 1Е	296	3	293	99
27	60П 30К 8Е 2Б	310	0	310	100
28	67К 15Е 9П 8Б	299	25	274	92
29	33П 29К 24Б 15Е	364	87	277	76
30	37К 29Е 24Б 10П	252	32	220	87
31	55П 22К 18Е 4Б	395	6	389	99
32	65П 21К 12Б 3Е	397	21	376	95
33	68К 14Б 10Е 8П	286	12	274	96
34	63К 22П 12Б 3Е	353	29	324	92
Среднее	46К 35П 11Е 8Б	323	18	305	94

Табл. 2. Запасы сухостоя и валежа 1–2 класса разложения на пробных площадях. Обозначения как в Табл. 1.

№ ПП	Запас сухостоя, м³/га			Запас валежа, м³/га
	Общий	К	П, Е, Б	
3	94	35	59	66
6	192	75	116	68
19	209	120	89	113
20	228	135	93	167
21	137	0	137	141
22	282	238	44	41
23	226	112	113	110
24	279	212	66	86
25	218	135	80	98
26	197	131	66	96
27	253	92	161	56
28	240	147	68	60
29	217	104	112	60
30	161	88	73	59
31	252	72	180	138
32	219	32	188	157
33	210	168	42	65
34	203	132	71	121
Среднее	212	113	98	95

(Харук и Антамошкина, 2017). Между площадью пожаров и их повторяемостью существует логарифмическая зависимость (на 17% территории лесов пожары проходят дважды, 5% – трижды и 0.5% – четырежды). При этом межпожарные интервалы могут составлять от 10 до 20 лет (Харук и Антамошкина, 2017; Kharuk et al., 2007). Поэтому пока в бывшем очаге остаются горючие остатки, деревья там, как правило, не выживают. В древостоях по прошествии 8–10 лет после повреждения сибирским шелкопрядом запасы различных видов лесных горючих материалов нарастают по экспонентной кривой (Валендик и др., 2004b). В связи с периодическим возникновением пожаров процессы лесовосстановления затруднены. Вышеизложенная ситуация может продолжаться на протяжении первых тридцати лет с момента повреждения древостоев (Гродницкий, 2004; Гродницкий и др., 2002).

По данным Д.Г. Гродницкого (2004), приблизительно через 60–80 лет после массового размножения сибирского шелкопряда на месте темнохвойной тайги возникает березовое редколесье. Естественное восстановление за счет хвойных пород проблематично в связи с тем, что семена пихты сибирской и кедра сибирского не распространяются на большие расстояния. Успешное восстановление возможно лишь на небольших участках в случае примыкания к здоровой стене леса. Одновременно на успешность роста молодых хвойных деревьев существенно влияет конкуренция со стороны травяного покрова (Ведрова и др., 2018; Гродницкий, 2004; Чикидов и Тимофеев, 2014). Таким образом, естественное лесовосстановление происходит через смену пород с утратой ценных темнохвойных насаждений. Кроме того, на участке довольно долго сохраняется



Рис. 4. Состояние живого напочвенного покрова на лесных участках, нарушенных массовой вспышкой сибирского шелкопряда в 2015–2018 гг. **А** – подлесок, представленный малиной обыкновенной; **В** – заросли спиреи иволистной; **С** – влаголюбивые сфагновые мхи (*Sphagnum* sp.) и травянистые виды: плаун булавовидный *Lycopodium clavatum* L., линнея северная *Linnaea borealis* L.; **Д** – представители рода Осока (*Carex* sp.), задержание почвы.

опасная обстановка как в пожарном, так и в экологическом плане. Шелкопрядники на несколько десятилетий становятся источником эмиссий парниковых газов в результате разложения и горения древесины, что негативно сказывается на климатических процессах.

Очевидная картина масштабной деградации темнохвойной тайги в результате массового размножения популяции сибирского шелкопряда может трактоваться не только как экономическая, но и как лесохозяйственная катастрофа. Многолетняя практика доказала, что после массовой дефолиации деревьев следует полная утрата экологических функций пихтовыми и кедровыми насаждениями (Буренина и др., 2005; Гродницкий, 2004; Гродницкий и др., 2002; Князева и др., 2019а, 2019b; Коломиец, 1962; Колтунов и др., 1995). Однако отсутствие возможности в рамках действующего лесного законодательства своевременно заготовить древесину в ликвидном состоянии (до утраты ею физико-механических свойств) и перевести участки в фонд лесовосстановления приносит дополнительный негативный эффект. По данным государственного лесопатологического мониторинга (ГЛПМ)¹⁰, за последнее десятилетие подобная проблема возникла не только в границах Енисейского лесничества, но и на других территориях Красноярского края (Рис. 5). По официальным данным, ориентировочно общая площадь очагов опасного вредителя в период с 2013 по 2023 гг. составила более 1.5 млн. га.

Несовершенство действующей системы лесопользования кроется в некоторых принципах, связанных с назначением санитарно-оздоровительных мероприятий (СОМ) и оценкой состояния лесов с наличием очагов насекомых-вредителей. В соответствии с установленными Правилами санитарной безопасности в лесах, мероприятия по предупреждению распространения вредных организмов осуществляются только в сильно ослабленных, усыхающих и погибших лесных насаждениях¹¹. В

¹⁰ Результаты государственного лесопатологического мониторинга. Федеральное агентство лесного хозяйства России «Рослесхоз». Интернет-ресурс. URL: https://rosleshoz.gov.ru/activity/forest_security_and_protection/stat (дата обращения: 31.03.2025).

¹¹ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27 сентября 2021 г. N 686 «Об утверждении Порядка проведения государственной инвентаризации лесов».

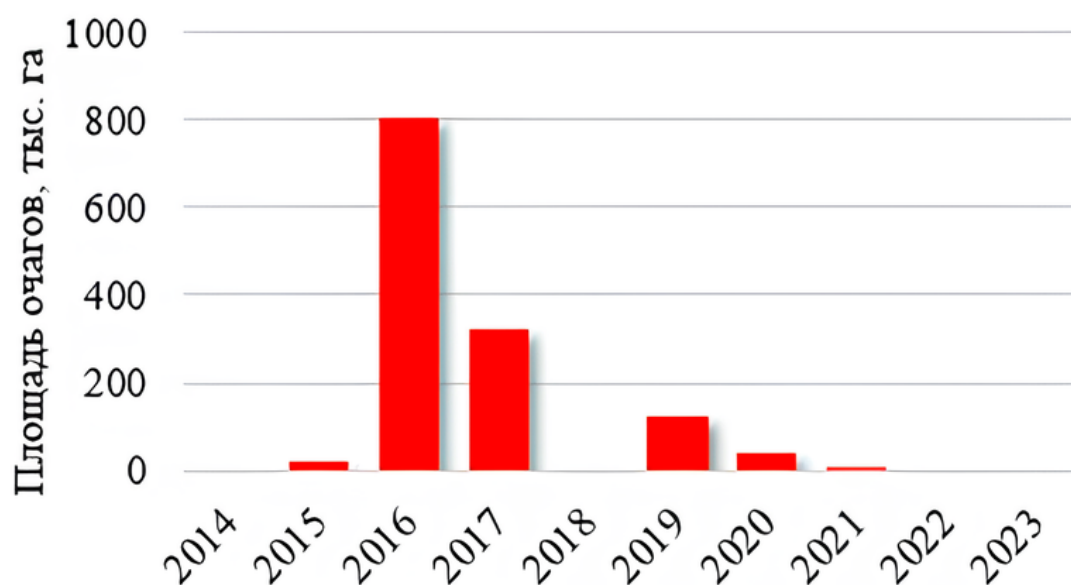


Рис. 5. Динамика площади очагов сибирского шелкопряда в границах лесного фонда Красноярского края в период с 2013 по 2023 гг.

случае с темнохвойными древостоями с момента массовой дефолиации стадия ослабления насаждения достигает своего максимума примерно на третий–четвертый год (Бахвалов и др., 2010; Колтунов и др., 1995; Рожков, 1965). В результате воздействия вторичных вредителей и дереворазрушающих грибов древесина теряет свои товарные качества и не представляет коммерческого интереса. В свою очередь, Правилами предупреждения распространения вредных организмов отбор деревьев в выборочную и сплошную санитарную рубку при повреждении хвоегрызущими насекомыми производится после завершения периода восстановления хвои¹². Таким образом, в Правилах прописано общее требование ко всем породам без учета биологических особенностей к способности восстановиться в случае критического порога повреждения кроны (например, для пихты и кедра). Одновременно значимой причиной запоздавших СОМ является механизм проведения оценки лесопатологического состояния насаждений¹³, требующий закладки большого количества пробных площадей и инструментальных обследований во всех таксационных выделах. Учитывая значительные масштабы повреждений лесов в период массового размножения сибирского шелкопряда, провести натурные обследования в приемлемые сроки не представляется возможным. Дополнительно накладываются временные рамки документарного оформления, обеспечивающего прозрачность назначения СОМ, в частности, выборочных и сплошных санитарных рубок. Кроме этого, препятствием является запрет заготовки древесины сибирского кедра в насаждениях с его участием (более трех единиц в составе насаждений, расположенных в орехово-промысловых зонах)^{14, 15}.

Очевидно, весь комплекс действующих правовых и организационных моментов по назначению СОМ способствует накоплению огромных запасов сухостойной древесины и ухудшению санитарного состояния лесов на региональном уровне. Применение общей схемы назначения СОМ для всех регионов не всегда целесообразно и требует введения исключений. На законодательном уровне необходимо внесение поправок, касающихся региональных особенностей назначения СОМ в случае массовой и масштабной гибели лесов под воздействием таких насекомых-вредителей, как сибирский шелкопряд.

¹² Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 декабря 2020 г. N 912 «Об утверждении правил осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов».

¹³ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 9 ноября 2020 г. N 910 «Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования».

¹⁴ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 1 декабря 2020 г. N 993 «Об утверждении Правил заготовки древесины и особенности заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации».

¹⁵ Ст. 115 Лесного кодекса Российской Федерации от 04 декабря 2006 года N 200-ФЗ.

Заключение

Обследования поврежденных участков показали, что массовая дефолиация темнохвойных древостоев сибирским шелкопрядом наносит невосполнимую масштабную утрату ресурсного и экологического потенциала насаждений. В очередной раз доказана полная утрата функциональной устойчивости и деградация темнохвойных насаждений с последующей трансформацией в лесоболотную экосистему. Естественное восстановление в ходе сукцессии происходит с утратой ценных древесных пород и их заменой на лиственные насаждения. Одновременно на протяжении довольно длительного периода на участке сохраняется высокая пожароопасная обстановка. Массовое скопление гниющей древесины и высокая горимость шелкопрядников влечет за собой интенсивную эмиссию парниковых газов в атмосферу. Решение существующей проблемы заключается в обеспечении возможности вырубki поврежденных деревьев пихты и кедра до начала усыхания и распада древостоя с последующим проведением искусственного лесовосстановления.

Список литературы

- Батжаргал, Д., Тальгамер, Б.Л., Болотнев, А.Ю., Олзоев, Б.Н., 2022. Оценка влияния горных работ на растительность степной зоны по данным разновременной космической съемки. *Проблемы недропользования* 1 (32), 77–84. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2022.01.077>
- Бахвалов, С.А., Колтунов, Е.В., Мартемьянов, В.В. 2010. Факторы и экологические механизмы популяционной динамики лесных насекомых-филлофагов. Издательство Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия, 299 с.
- Буренина, Т.А., Кузьмичев, В.В., Харук, В.И., 2005. Шелкопряд и сукцессии в южной тайге Западной Сибири. *Сибирский экологический журнал* 1, 153–162.
- Валендик, Э.Н., Верховец, С.В., Кисилыхов, Е.К., Косов, И.В., Тюльпанов, Н.А., 2004а. Подготовка шелкопрядников к лесовосстановлению с помощью огня. *Лесное хозяйство* 3, 41–42.
- Валендик, Э.Н., Верховец, С.В., Кисилыхов, Е.К., Лантух, А.Ю., 2004б. Роль шелкопрядников в горимости лесов Нижнего Приангарья. *Лесное хозяйство* 6, 27–29.
- Ведрова, Э.Ф., 1998. Углеродный цикл в сосняках таежной зоны Красноярского края. *Лесоведение* 6, 3–10.
- Ведрова, Э.Ф., 2002. Углеродный цикл в экосистемах сосновых лесов. В: Плешиков, Ф.И. (ред.), *Лесные экосистемы Енисейского меридиана*. Издательство Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия, 245–248.
- Ведрова, Э.Ф., 2005. Деструкционные процессы в углеродном цикле лесных экосистем Енисейского меридиана. *Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук в форме научного доклада*. Красноярск, Россия, 60 с.
- Ведрова, Э.Ф., Мухортова, Л.В., Кривобоков, Л.В., 2018. Динамика экологических функций лесов под воздействием природных и антропогенных факторов. *Биология растений и садоводство: теория, инновации* 147, 28–31.
- Гродницкий, Д.Л., 2004. Сибирский шелкопряд и судьба пихтовой тайги. *Природа* 11 (1071), 49–56.
- Гродницкий, Д.Л., Разнобарский, В.Г., Солдатов, В.В., Ремарчук, Н.П., 2002. Деградация древостоев в таежных шелкопрядниках. *Сибирский экологический журнал* 9 (1), 3.
- Денисова, Н.Б., Соболев, А.А. Шипинская, У.С., 2020. Результаты обследования очагов сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetw.) на территории Васюганского лесничества Томской области. *Лесной вестник* 24 (6), 65–72. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-6-65-72>

- Дергунов, А.В., Якубайлик, О.Э., 2019. Анализ климатических характеристик территории распространения сибирского шелкопряда. *Сборник трудов всероссийской конференции с международным участием «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов (SDM-2019)»*. Бердск, Россия, 349–353.
- Жила, С.В., Фуряев, И.В., Иванова (Очирова), Г.А., 2023. Оценка пожароопасности пихтарников, поврежденных полиграфом уссурийским (*Polygraphus proximus* Blandford). *Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование»*. Санкт-Петербург, Россия, 246–248.
- Им, С.Т., Федотова, Е.В., Харук, В.И., 2007. Анализ очагов повреждения таежных лесов сибирским шелкопрядом по данным мелкомасштабной космосъемки. *Вычислительные технологии* 12 (S2), 60–69.
- Климченко, А.В., 2011. Аккумуляция органического вещества в крупном фитодетрите темнохвойных лесов средней тайги Приенисейской Сибири. *Хвойные бореальной зоны* 28 (3–4), 224–227.
- Климченко, А.В., Верховец, С.В., Антамошкина, О.А., Кошурникова, Н.Н., 2011. Запасы крупных древесных остатков в среднетаежных экосистемах Приенисейской Сибири. *География и природные ресурсы* 2, 91–97.
- Князева, С.В., Королева, Н.В., Эйдлина, С.П., Соколова, Е.Н., 2019а. Оценка состояния растительности в очаге массового размножения сибирского шелкопряда по спутниковым данным. *Лесоведение* 5, 385–398. <https://doi.org/10.1134/S0024114819050036>
- Князева, С.В., Королева, Н.В., Эйдлина, С.П., Соколова, Е.Н., 2019б. Дистанционная оценка динамики растительного покрова после воздействия сибирского шелкопряда. *Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры геодезии и космоаэрокартографии и 85-летию факультета географии и геоинформатики БГУ*. Минск, Беларусь, 102–398. <https://doi.org/10.1134/S0024114819050036>
- Ковалев, А.В., Цикалова, П.Е., 2023. Предикторы повреждения насекомыми лесных насаждений по спутниковым данным на примере сибирского шелкопряда. *Лесоведение* 2, 150–160. <https://doi.org/10.31857/S002411482302002X>
- Коломиец, Н.Г., 1962. Сибирский шелкопряд и его роль в хвойных лесах Западной Сибири. *Труды по лесному хозяйству Сибири* 7, 137–161.
- Колтунов, Е.В., Федоренко, С.И., Охлупин, О.В. 1995. Проблемы устойчивости темнохвойных лесов Зауралья и Западной Сибири к дефолиации сибирским шелкопрядом. В: Сайгина, С.Е., Иванова, Л.П. (ред.), *Вклад ученых и специалистов в развитие химико-лесного комплекса*. Уральская государственная лесотехническая академия, Екатеринбург, Россия, 97–98.
- Кондаков, Ю.П., 1974. Закономерности массовых размножений сибирского шелкопряда. В: Петренко, Е.С. (ред.), *Экология популяций лесных животных Сибири*. Наука, Новосибирск, СССР, 206–265.
- Краснощеков, Ю.Н., Безкоровая, И.Н., 2008. Функционирование почв в очагах размножения сибирского шелкопряда в Южной тайге Средней Сибири. *Известия Российской Академии Наук. Серия биологическая* 1, 84–93.
- Мельниченко, Н.П., 2020. Проблема лесовосстановления в шелкопрядниках Сибири. *Academy* 6 (57), 109–110.
- Мохирев, А.П., Сультсон, С.М., Михайлов, П.В., Слинкина, О.А., Кулакова, Н.Н. и др., 2023. Оценка запасов углерода в нарушенных сибирским шелкопрядом темнохвойных горно-таежных лесах Красноярского края. *Лесной Вестник* 27 (6), 18–30.

- Павлов, И.Н., Литовка, Ю.А., Голубев, Д.В., Астапенко, С.А., Хромогин, П.В., 2018. Новая вспышка массового размножения *Dendrolimus sibiricus* Tschetv. в Сибири (2012–2017 гг.): закономерности развития и перспективы биологического контроля. *Сибирский экологический журнал* **25** (4), 462–478. <https://doi.org/10.15372/SEJ20180407>
- Перевозникова, В.Д., Баранчиков, Ю.Н., 2002. Структура запасов наземной фитомассы в свежих шелкопрядниках пихтовой тайги Нижнего Приангарья. *Энтомологические исследования в Сибири* **2**, 166–179.
- Плешиков, Ф.И., Ваганов, Е.А., Ведрова, Э.Ф., 2002. Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Издательство Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия, 356 с.
- Рожков, А.С., 1965. Массовое размножение сибирского шелкопряда и меры борьбы с ним. Наука, Москва, СССР, 180 с.
- Трефилова, О.В., Ведрова, Э.Ф., Оскорбин, П.А., 2015. Запас и структура крупных древесных остатков в сосняках Енисейской равнины. *Лесоведение* **4**, 16–23.
- Харук, В.И., Антамошкина, О.А., 2017. Воздействие сибирского шелкопряда на горимость лесных территорий. *Сибирский экологический журнал* **24** (5), 647–654. <https://doi.org/10.15372/SEJ20170510>
- Чикидов, И.И., 2017. Микроклиматические условия и их роль в изменении структуры растительности лиственничных лесов Центральной Якутии в первые годы после поражения сибирским шелкопрядом. *Успехи современного естествознания* **2**, 48–52.
- Чикидов, И.И., Тимофеев, П.А., 2014. Динамика флористического состава и растительности в пораженных сибирским шелкопрядом лиственничных лесах Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия). *Природные ресурсы Арктики и Субарктики* **4** (76), 55–62.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A. et al., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* **342** (6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Kharuk, V.I., Kasischke, E.S., Yakubailik, O.E., 2007. The spatial and temporal distribution of fires on Sakhalin Island, Russia. *International Journal of Wildland Fire* **16** (5), 556. <https://doi.org/10.1071/WF05009>
- Mokhirev, A., 2017. The method of selection of forest machines under the climatic conditions. *Forestry Engineering Journal* **6** (4), 208–215. <https://doi.org/10.12737/23459>

References

- Batzhargal, D., Tal'gamer, B.L., Bolotnev, A.Yu., Olzoev, B.N., 2022. Otsenka vlianiia gornykh rabot na rastitel'nost' stepnoi zony po dannym raznovremennoi kosmicheskoi s'emki [Evaluation of the impact of mining on the vegetation of the steppe zone according to multi-temporal space imaging data]. *Problemy nedropol'zovaniia [Problems of Subsoil Use]* **1** (32), 77–84. (In Russian). <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2022.01.077>
- Bakhvalov, S.A., Koltunov, E.V., Martemyanov, V.V., 2010. Faktory i ekologicheskie mekhanizmy populyatsionnoy dinamiki lesnykh nasekomykh-fillofagov [Factors and ecological mechanisms of population dynamics of forest phyllophagous insects]. Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publishing House, Novosibirsk, Russia, 299 p. (In Russian).
- Burenina, T.A., Kuz'michev, V.V., Kharuk, V.I., 2005. Shelkopriad i suksessii v iuzhnoi taige Zapadnoi Sibiri [The Siberian moth and successions in the southern taiga of Western Siberia]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal [Siberian Ecological Journal]* **1**, 153–162. (In Russian).

- Chikidov, I.I., 2017. Mikroklimaticheskie usloviia i ikh rol' v izmenenii struktury rastitel'nosti listvennichnykh lesov Tsentral'noi Iakutii v pervye gody posle porazheniia sibirskim shelkopriadom [Microclimatic conditions and their role in changing the vegetation structure of larch forests of Central Yakutia during the first years after the damage by the *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv]. *Uspekhi sovremennogo nestvosnaniya [Advances In Current Natural Sciences]* **2**, 48–52. (In Russian).
- Chikidov, I.I., Timofeev, P.A., 2014. Dinamika floristicheskogo sostava i rastitel'nosti v porazhennykh sibirskim shelkopriadom listvennichnykh lesakh Leno-Amginskogo mezhdurech'ia (Tsentral'naia Iakutiia) [Dynamics of floristic composition and vegetation in larch forests disturbed by the Siberian moth of the Lena-Amga interfluvium (Central Yakutia)]. *Prirodnye resursy Arktiki i Subarkтики [Natural Resources of the Arctic and Subarctic]* **4** (76), 55–62. (In Russian).
- Denisova, N.B., Sobolev, A.A., Shipinskaya, U.S., 2020. Rezul'taty obsledovaniia ochagov sibirskogo shelkopryada (*Dendrolimus sibiricus* Tschetw.) na territorii Vasyuganskogo lesnichestva Tomskoy oblasti [The outbreak of the Siberian moth (*Dendrolimus sibiricus* Tschetw.) in the Vasyugan forestry of the Tomsk region]. *Lesnoy vestnik [Forestry Bulletin]* **24** (6), 65–72. (In Russian). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-6-65-72>
- Dergunov, A.V., Iakubailik, O.E., 2019. Analiz klimaticheskikh kharakteristik territorii rasprostraneniia sibirskogo shelkopriada [Climatic characteristics of the distribution territory of the Siberian moth]. Sbornik trudov vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Obrabotka prostranstvennykh dannyykh v zadachakh monitoringa prirodnyykh i antropogennykh protsessov (SDM-2019)» [Proceedings of the All-Russian Conference with international participation "Spatial data processing in the tasks of monitoring natural and anthropogenic processes (SDM-2019)"]. Berdsk, Russia, 349–353. (In Russian).
- Grodnitskii, D.L., 2004. Sibirskii shelkopriad i sud'ba pikhtovoi taigi [The Siberian moth and the fate of the fir taiga]. *Priroda [Nature]* **11** (1071), 49–56. (In Russian).
- Grodnitskii, D.L., Raznobarskii, V.G., Soldatov, V.V., Remarchuk, N.P., 2002. Degradatsiia drevostoev v taezhnykh shelkopriadnikakh [Degradation of stands in taiga forests disturbed by the Siberian moth]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal [Siberian Ecological Journal]* **9** (1), 3. (In Russian).
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A. et al., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* **342** (6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Im, S.T., Fedotova, E.V., Kharuk, V.I., 2007. Analiz ochagov povrezhdeniia taezhnykh lesov sibirskim shelkopriadom po dannym melkomasshtabnoi kosmos"emki [Analyzing the Siberian moth damage in taiga forests based on small-scale satellite imagery data]. *Vychislitel'nye Tekhnologii [Computational Technologies]* **12** (S2), 60–69. (In Russian).
- Kharuk, V.I., Kasischke, E.S., Yakubailik, O.E., 2007. The spatial and temporal distribution of fires on Sakhalin Island, Russia. *International Journal of Wildland Fire* **16** (5), 556. <https://doi.org/10.1071/WF05009>
- Kharuk, V.I., Antamoshkina, O.A., 2017. Impact of the Siberian moth outbreak on taiga wildfires. *Contemporary Problems Of Ecology* **10** (5), 556–562. <https://doi.org/10.1134/S1995425517050055>
- Klimchenko, A.V., 2011. Akkumuliatsiia organicheskogo veshchestva v krupnom fitodetrите temnokhvoinnykh lesov srednei taigi Prieniseiskoi Sibiri. [Accumulation of organic matter in large phytodetritus of dark coniferous forests of the middle taiga of the Enisey Siberia]. *Khvoynye boreal'noi zony [Conifers Of the Boreal Area]* **28** (3–4), 224–227. (In Russian).
- Klimchenko, A.V., Verkhovets, S.V., Antamoshkina, O.A., Koshurnikova, N.N., 2011. Zapasy krupnykh drevesnykh ostatkov v srednetaezhnykh ekosistemakh Prieniseiskoi Sibiri [Stocks of coarse woody

debris in middle taiga ecosystems of the Enisey Siberia]. *Geografiia i prirodnye resursy [Geography and Natural Resources]* **2**, 91–97. (In Russian).

Kniazeva, S.V., Koroleva, N.V., Eidlina, S.P., Sochilova, E.N., 2019a. Otsenka sostoiianiia rastitel'nosti v ochage massovogo razmnozheniia sibirskogo shelkopriada po sputnikovym dannym [Health of vegetation in the Siberian moth outbreaks area: A satellite-based estimate]. *Lesovedenie [Forest Science]* **5**, 385–398. (In Russian). <https://doi.org/10.1134/S0024114819050036>

Kniazeva, S.V., Koroleva, N.V., Eidlina, S.P., Sochilova, E.N., 2019b. Dstantsionnaia otsenka dinamiki rastitel'nogo pokrova posle vozdviistviia sibirskogo shelkopriada [Remote assessment of vegetation cover dynamics after the impact of the Siberian moth]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 50-letiiu kafedry geodezii i kosmoaerokartografii i 85-letiiu fakul'teta geografii i geoinformatiki BGU [Proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Department of Geodesy and Space Aeromapping and the 85th anniversary of the Faculty of Geography and Geoinformatics of the Belarusian State University]*. Minsk, Belarus, 102–106. (In Russian).

Kolomiets, N.G., 1962. Sibirskii shelkopriad i ego rol' v khvoynykh lesakh Zapadnoi Sibiri [The Siberian moth and its role in coniferous forests of Western Siberia]. *Trudy po lesnomu khoziaistvu Sibiri [Proceedings On Forestry In Siberia]* **7**, 137–161. (In Russian).

Koltunov, E.V., Fedorenko, S.I., Okhlupin, O.V., 1995 Problemy ustoychivosti temnokhvoynnykh lesov Zaural'ya i Zapadnoy Sibiri k defoliatsii sibirskim shelkopryadom [Problems of resistance of dark coniferous forests of the Trans-Urals and Western Siberia to defoliation by the Siberian moth]. In: Saygina, S.E., Ivanova, L.P. (eds.), *Vklad uchenykh i spetsialistov v razvitiye khimiko-lesnogo kompleksa [Contribution of scientists and specialists to the development of the chemical-forest complex]*. Ural State Forest Engineering Academy, Ekaterinburg, Russia, 97–98. (In Russian).

Kondakov, Yu.P., 1974. Zakonomernosti massovykh razmnozhenii sibirskogo shelkopriada [Patterns in the Siberian moth outbreaks]. In: Petrenko, E.S. (ed.), *Ekologiya populiatsii lesnykh zhivotnykh Sibiri [Ecology of populations of forest animals of Siberia]*. Nauka, Novosibirsk, Russia, 206–265. (In Russian).

Kovalev, A.V., Tsikalova, P.E., 2023. Prediktory povrezhdeniya nasekomymi lesnykh nasazhdeniy po sputnikovym dannym na primere sibirskogo shelkopryada [Predictors of insect damage to forest stands according to satellite data on example of the Siberian moth *Dendrolimis Sibiricus* Tschetv.]. *Lesovedenie [Forest Science]* **2**, 150–160. (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S002411482302002X>

Krasnoshchekov, Y.N., Bezkorovainaya, I.N., 2008. Soil functioning in the Siberian moth outbreak area in the southern taiga subzone of Central Siberia. *Biology Bulletin* **35** (1), 70–79.

Mel'nichenko, N.P., 2020. Problema lesovosstanovleniia v shelkopriadnikakh Sibiri [The problem of reforestation in forests disturbed by the Siberian moth in Siberia]. *Academy* **6** (57), 109–110. (In Russian).

Mokhirev, A., 2017. The method of selection of forest machines under the climatic conditions. *Forestry Engineering Journal* **6** (4), 208–215. <https://doi.org/10.12737/23459>

Mokhirev, A.P., Sultson, S.M., Mikhailov, P.V., Slinkina, O.A., Kulakova, N.N. et al, 2023. Otsenka zapasov ugleroda v narushennykh sibirskim shelkopryadom temnokhvoynnykh gorno-tayezhnykh lesakh Krasnoyarskogo kraia [Carbon stock assessment in dark coniferous mountain taiga forests of Krasnoyarsk infested by the Siberian moth]. *Lesnoy vestnik [Forestry Bulletin]* **27** (6), 18–30. (In Russian).

Pavlov, I.N., Litovka, Y.A., Golubev, D.V., Astapenko, S.A., Khromogin, P.V., 2018. New outbreak of *Dendrolimus Sibiricus* Tschetv. in Siberia (2012–2017): Monitoring, modeling and biological control. *Contemporary Problems of Ecology*. **11** (4), 406–419. <https://doi.org/10.1134/S1995425518040054>

- Perevoznikova, V.D., Baranchikov, Yu.N., 2002. Struktura zapasov nazemnoi fitomassy v svezhikh shelkopiadnikakh pikhtovoi taigi Nizhnego Priangar'ia [Structure of ground phytomass reserves in forests disturbed by the Siberian moth in fir taiga of the Lower reaches of the Angara river]. *Entomologicheskie issledovaniia v Sibiri [Entomological Research In Siberia]* **2**, 166–179. (In Russian).
- Pleshikov, F.I., Vaganov, E.A., Vedrova, E.F., 2002. Lesnye ekosistemy Eniseiskogo meridian [Forest ecosystems of the Yenisei meridian]. Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publishing House, Novosibirsk, Russia, 356 p. (In Russian).
- Rozhkov, A.S. 1965. Massovoe razmnzhenie sibirskogo shelkopryada i mery bor'by s nim [Mass reproduction of the Siberian moth and control measures]. Nauka, Moscow, USSR, 180 p. (In Russian).
- Trefilova, O.V., Vedrova, E.F., Oskorbin, P.A., 2015. Zapas i struktura krupnykh drevesnykh ostatkov v sosniakakh Eniseiskoi ravniny [Stock and structure of coarse woody debris in pine forests of the Yenisei Plain]. *Lesovedenie [Forest Science]* **4**, 16-23. (In Russian).
- Valendik, E.N., Verkhovets, S.V., Kisiliakhov, E.K., Kosov, I.V., Tiul'panov, N.A., 2004a. Podgotovka shelkopiadnikov k lesovosstanovleniiu s pomoshch'iu ognia [Preparation of forests disturbed by the Siberian moth for reforestation by fire]. *Lesnoe khoziaistvo [Forestry]* **3**, 41–42. (In Russian).
- Valendik, E.N., Verkhovets, S.V., Kisiliakhov, E.K., Lantukh, A.Yu., 2004b. Rol' shelkopiadnikov v gorimosti lesov Nizhnego Priangar'ia [The role of forests disturbed by the Siberian moth in the flammability of forests of the Lower reaches of the Angara river]. *Lesnoe khoziaistvo [Forestry]* **6**, 27–29. (In Russian).
- Vedrova, E.F., 1998. Uglerodnyi tsikl v sosniakakh taezhnoi zony Krasnoiarskogo kraia [Carbon cycle in pine forests of the taiga zone of Krasnoyarsk Krai]. *Lesovedenie [Forest Science]* **6**, 3–10. (In Russian).
- Vedrova, E.F., 2002. Uglerodnyi tsikl v ekosistemakh sosnovykh lesov [Carbon cycle in pine forest ecosystems]. In: Pleshikov, F.I. (ed.), *Lesnye ekosistemy Eniseiskogo meridiana [Forest ecosystems of the Yenisei meridian]*. Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publishing House, Novosibirsk, Russia, 244–248. (In Russian).
- Vedrova, E.F., 2005. Destruktsionnye protsessy v uglerodnom tsikle lesnykh ekosistem Eniseiskogo meridiana [Destructive processes in the carbon cycle of forest ecosystems of the Yenisei meridian]. *Doctor of Sciences in Biology thesis in the form of a scientific report*. Krasnoyarsk, Russia, 60 p. (In Russian).
- Vedrova, E.F., Mukhortova, L.V., Krivobokov, L.V., 2018. Dinamika ekologicheskikh funktsii lesov pod vozdviem prirodnkh i antropogennykh faktorov [Dynamics of ecological functions of forests under the influence of natural and anthropogenic factors]. *Biologiya rastenii i sadovodstvo: teoriia, innovatsii [Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovations]* **147**, 28–31. (In Russian).
- Zhila, S.V., Furiaev, I.V., Ivanova (Ochirova), G.A., 2023. Otsenka pozharoopasnosti pikhtarnikov, povrezhdennykh poligrafom ussuriiskim (*Polygraphus proximus* Blandford) [Assessment of fire danger of fir forests damaged by *Polygraphus proximus* Blandford (*Polygraphus proximus* Ussuriiskii)]. *Materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Les Rossi: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie» [Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference 'Forests of Russia: policy, industry, science, education']*. St. Petersburg, Russia, 246–248. (In Russian).