

М. И. Стрекаловская^{1✉}, Н. И. Добротворская², В. В. Самсонова³

Мониторинг гарей и их последствий на территории Центральной Якутии

¹ Арктический государственный агротехнологический университет,
г. Якутск, Российская Федерация

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

³ Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Российская Федерация
e-mail: strekmi16@list.ru

Аннотация. Вся территория Центральной Якутии относится к зоне распространения многолетнемерзлых пород и мерзлотных почв. Лесные и ландшафтные пожары как катастрофические явления природного и техногенного характера образуют гары, на которых нарушается почвенный теплообмен. Как следствие могут активизироваться криогенные процессы. Цель исследования – выявить границы гарей на территории муниципального района «Мегино-Кангаласский улус», как наиболее опасных участков для активного проявления деградации грунтов. Методы исследования: космические снимки Sentinel-2 L2A, анализ индексов лесных пожаров и лесной растительности, библиографический анализ. Выявлено размещение гарей по типам местности и их возможные последствия.

Ключевые слова: лесные пожары, вечная мерзлота, мониторинг, деградация рельефа, Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН)

M. I. Strekalovskaya^{1✉}, N. I. Dobrotvorskaya², V. V. Samsonova³

Monitoring of fires and their consequences in the territory of Central Yakutia

¹ Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

³ P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk Russian Federation
e-mail: strekmi16@list.ru

Abstract. The entire territory of Central Yakutia belongs to the zone of distribution of permafrost rocks and frozen soils. Forest and landscape fires, as catastrophic natural and man-made phenomena, create burn scars (gari), where soil heat exchange is disrupted. As a result, cryogenic processes may become activated. The aim of the study is to identify the boundaries of burn scars within the municipal district of Megino-Kangalassky Ulus, as the most hazardous areas for active soil degradation. Research methods include satellite imagery from Sentinel-2 L2A, analysis of forest fire and vegetation indices, and bibliographic analysis. The distribution of burn scars by terrain types and their possible consequences have been identified.

Keywords: forest fires, permafrost, monitoring, terrain degradation, Unified State Register of Real Estate (USRRE)

Введение

Участившиеся лесные и ландшафтные пожары на территории Республики Саха (Якутия), в т.ч. в Центральной Якутии представляют серьезную угрозу всей

экосистеме Севера. Помимо гибели лесной растительности, вынужденной миграции животных, птиц и других живых существ последствиями могут быть изменения рельефа местности как следствие таяния вечной мерзлоты.

Мониторинг состояния земель служит источником оперативной информации для принятия управленческих решений в целях рационального использования и охраны земель [1, 5, 9, 10, 11]. Вопросы мониторинга лесов изучены в трудах [2, 8, 9, 22].

Объект исследования Мегино-Кангаласский улус, расположенный в Центральной Якутии в географических координатах с юга на север от 60,7343 0N до 62,4355 0N, с запада на восток от 129,5156 оЕ до 131,7897 оЕ, находится на правом берегу реки Лена напротив г. Якутска. Общая площадь муниципального района 1173305 га, в т.ч. земли лесного фонда 923215 га [19].

По территории улуса проходит железная дорога до п. Нижний-Бестях, дороги федерального значения «Лена» и «Колыма», дороги республиканского значения «Абалах», «Мюрю», «Амга». Строится речной перегрузочный терминал в пгт. Нижний-Бестях, железнодорожная станция. Все 31 населенных пункта улуса соединены дорогами местного значения.

В целом рельеф Мегино-Кангаласского улуса относится к термокарстовому рельефу и «приурочен к террасированным аллювиальным равнинам» [13]. Почвы мерзлотные, преобладает лиственнично-брусничный лес.

Для территории характерны такие риски природного характера как наличие многолетнемерзлых пород, сейсмичность, лесные пожары, кристаллические туманы, заторно-зажорные явления на р. Лена (рис. 1).

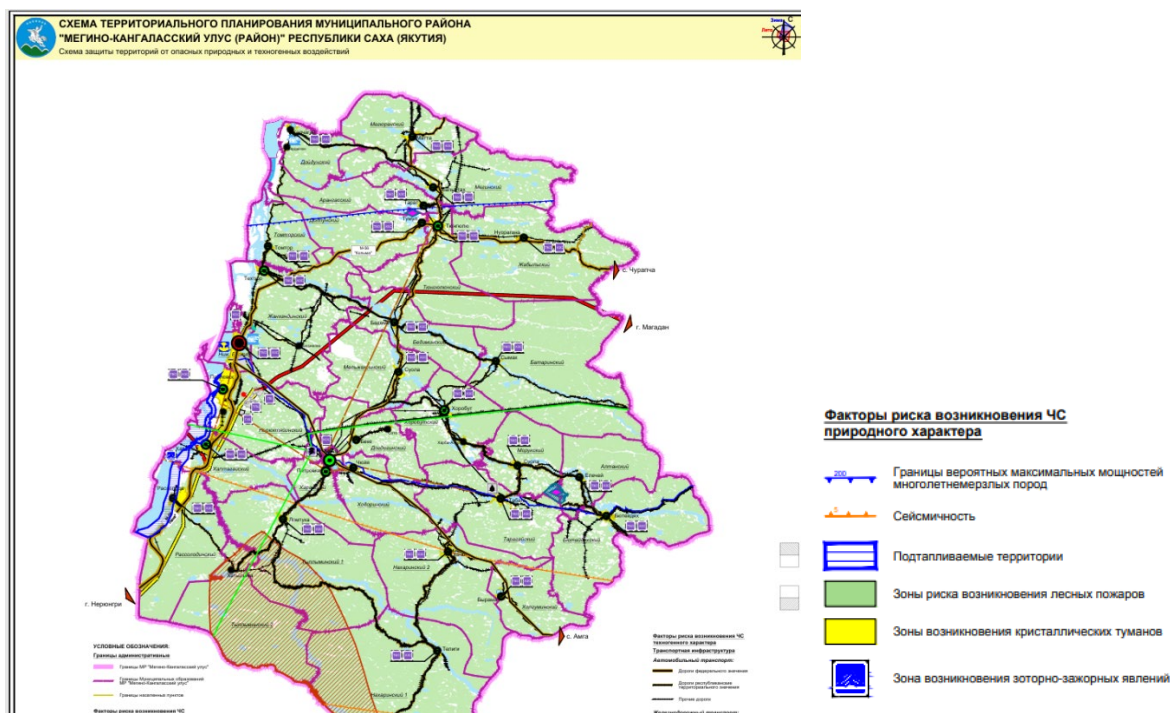


Рис. 1. Фрагмент схемы территориального планирования МР «Мегино-Кангаласский улус (район)». Схема защиты территорий от опасных природных и техногенных воздействий (2015 г.) [21]

Материалы и методы

Для наблюдения за возникновением и распространением лесных и ландшафтных пожаров использованы данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученные с оптических космических снимков космического аппарата Sentinel-2 L2A (с поправкой на атмосферу) с сайта свободного доступа. Объектом исследования выступают гари на таежных хвойных лиственничных лесах. В первые годы после пожара активно произрастают березы и только потом лиственница и/или сосна. Поэтому космоснимки получены за активный вегетационный период с августа 2018 г. по 2024 г. при облачности менее 10 %. Снимки загружены с сайта Sentinel Hub [24]. Поиск проводился за вегетационный период с середины мая по конец сентября. Изучены индексы по теме «Лесные пожары»:

- Burned_Area_Detection (BAD) обнаружение сгоревших участков;
- Burn_Area_Index (BAI) – индекс площади ожога;
- нормализованный индекс разницы растительности (NDVI) $(B8-B4)/(B8+B4)$ – это простой, но эффективный индекс для количественной оценки зеленой растительности;
- Moisture_Index – полезны для картирования пожаров и выжженной территории.

По теме «Растительность и лесное хозяйство» изучены индексы:

- Barren_Soil – бесплодная почва;
- EVI – улучшенный индекс растительности, корректирует сигналы почвенного фона и атмосферные влияния.

Для векторизации космических снимков с территорией объекта исследования использовано программное обеспечение QGIS 3.10.

Результаты и обсуждение

Данные исследований показали следующее: при визуальном дешифрировании можно установить выжженную площадь, проследить очаги возгорания, отсутствие накопленной влаги в растениях на местах возгорания, разность индексов вегетации на гарях (более светлые тона) по сравнению с другими участками леса

Изученные материалы спутниковых снимков за период с августа 2018–2024 годы выявили гари на территории муниципального района «Мегино-Кангаласский улус» общей площадью 41 115,56 га, в том числе объект исследования площадью 24 010,27 га. Наибольшая выгоревшая площадь обнаружена на территории Жабыльского и Батаринского наслегов (рис. 2). В результате интенсивного сплошного пожара зафиксировано гибель деревьев на исследуемом участке.



Рис. 2. Гарь 2021 г.:
 а) границы гари на территории МР «Мегино-Кангаласский улус»;
 б) фотоматериалы лесопатологического обследования [16]

По нашим данным гарь расположена на межаласном типе местности, для которого характерен криогенный процесс термокарст (рис.3). Слово «термокарст» происходит от греческих слов «тепло» и «карст» – процесс неравномерного проседания почв и подстилающих горных пород вследствие протаивания льдистых мерзлых пород и вытаивания подземного льда. В результате происходят провалы грунта, образующие в последствии аласы. На территории Центральной Якутии, в том числе МР «Мегино-Кангаласский улус», широко распространены термокарстовые озерные котловины – аласы. Зрелые аласы имеют овальную форму с высотой бортов 6-10 м, на днищах встречаются мелкие бугры, валы пучения, булгунихи и озера (например, алас «Тюнгюлю» площадью более 2000 га). Молодые аласы уступают по размерам: от 50–200 м в поперечнике с высотой бортов 3-5 м. Особенность молодых аласов – наличие полноводных относительно глубоких озер. В рельефе четко выражены аласные долины – вытянутые термокарстовые котловины, соединенные между собой пересыхающими водотоками [13].

По данным исследователей [3, 4, 19] «тесная связь с глубиной протаивания вечной мерзлоты установлена с сомкнутостью крон (коэффициент корреляции 0,59) и проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса (коэффициент корреляции 0,12)» [19, С.20). Также, на состояние вечномерзлых грунтов оказывают влияние тип местности и тип леса, от которых зависит проникновение солнечной радиации под полог леса [3, 4]. Например, опавшая хвоя лиственничного леса образует подстилающую поверхность, несущую функцию термоизоляции мерзлотных почв от солнечной инсоляции.

Ученые геокриологи подчеркивают прямую зависимость таяния вечномерзлых грунтов от изменений климата – среднегодовой температуры воздуха, среднегодового количества осадков, мощности и плотности снежного покрова [3, 4,

19, 23]. Как отмечают исследователи для развития термокарста более подходят плоские и слабосклонные участки [12]. Исследователи отмечают повышение среднесуточной температуры воздуха и почвы на гарях, особенно на 1-2-летних. Данный эффект усиливается на гарях, образованных в результате интенсивного сплошного лесного пожара, т.к. отражательная способность гари ниже, чем живого леса. Разница в «верхних слоях почвенного профиля на «молодых» гарях в июле на глубине 5 см выше на 5,2 – 5,6 °С, на глубине 50 см – на 4,3–6,2 °С» [17, С.36]. Для предупреждения активации криогенных процессов необходимо вести содействие естественному лесовосстановлению или проводить мероприятия компенсационного лесовосстановления. Также активно предупреждать возникновение лесных и ландшафтных пожаров, используя различные способы, в том числе и искусственное вызывание дождей.

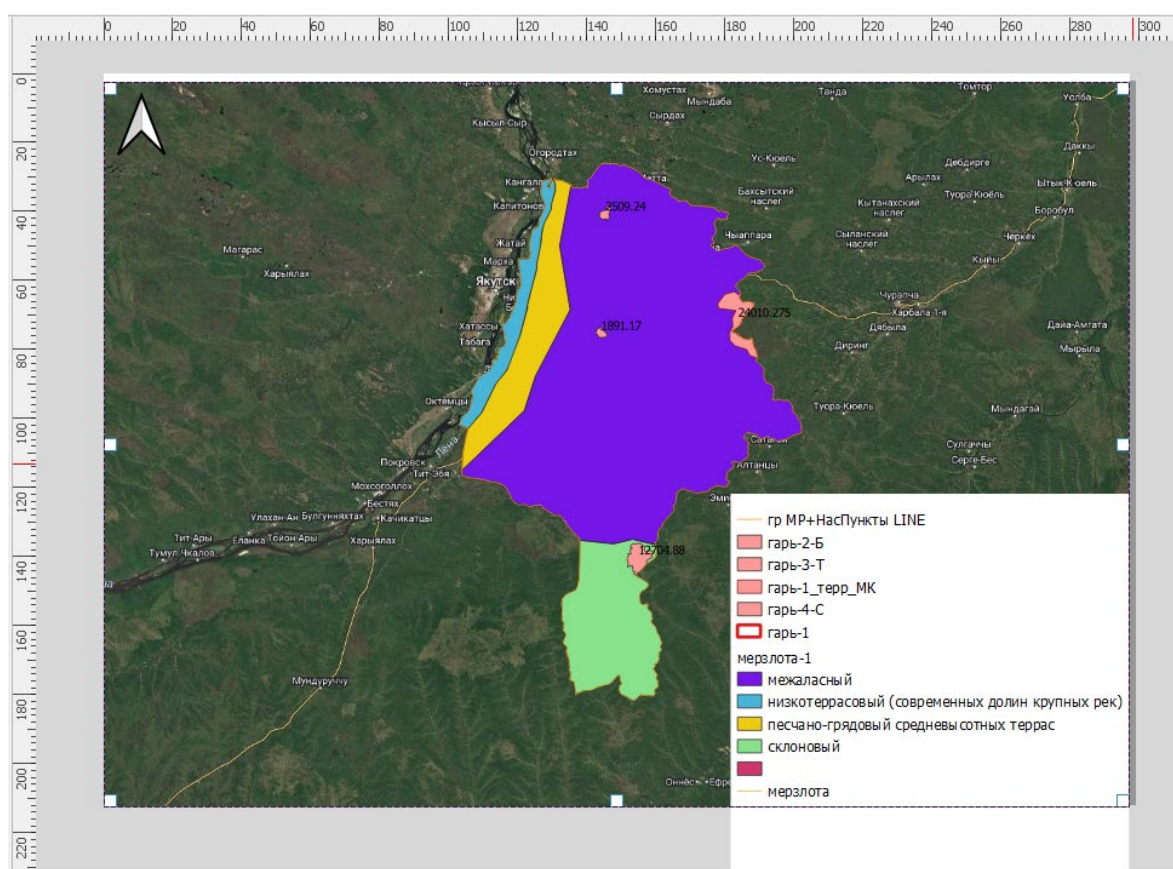


Рис. 3. Тематическая карта «Расположение гарей по типам местности» на территории МР «Мегино-Кангаласский улус»

Сегодня границы гарей на вечномёрзлых грунтах не учитываются в схемах территориального планирования и в ЕГРН [6–8].

Заключение

На основе вышесказанного предлагаем вести учет и регистрацию в ЕГРН границ гарей в зоне вечномёрзлых грунтов, так как на эти участки гари могут

потерять устойчивость как базис для строительства инфраструктурных и иных капитальных объектов. Также, по той же причине в схемах территориального планирования учитывать гари на межселенных территориях и в планах по реконструкции существующих инфраструктурных и иных объектов капитального строения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варламов, А.А. Мониторинг земель // Варламов А. Л., Захарова С. Н. / Учебное пособие. – М.: ГУЗ, 2000. – 156с. – Текст : непосредственный.
2. Верхотуров, А.А. и др. Мониторинг изменения состояния растительного покрова на участке трассы трубопровода проекта «Сахалин-2» по данным космических съемок / А.А. Верхотуров, В.А. Мелкий, Д.В. Долгополов, Д.В. Лисицкий // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2022. Т.27. №4. С. 45-53. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49605413_29080178.pdf/. Дата обращения 05 мая 2025.
3. Гаврилова, М.К. Тепловой баланс лиственного леса на Лено-Амгинском междуречье / М.К. Гаврилова // Гидоклиматические исследования в лесах Сибири. – М.: Наука, 1967. – С.28-52. – Текст: непосредственный.
4. Гаврилова, М.К. Радиационный режим в лиственных лесах юго-западной Якутии / М.К. Гаврилова // Лесоведение. – 1969.-№1.-С.16-23. - Текст: непосредственный.
5. Гиниятов, И.А. Мониторинг земель и объектов недвижимости: учебное пособие в 2 ч. /Гиниятов И.А. – Новосибирск:СГУГиТ, 2015. – 98 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lib.sgugit.ru/>. Дата обращения 17 октября 2024.
6. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 г. – Москва, 2022 г. –206 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru> Дата обращения 10 марта 2025.
7. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 г. – Москва, 2023 г. – 186 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Doc_Nation_report_2022_dop.pdf/. Дата обращения 10 марта 2025.
8. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2023 г. – Москва, 2024 г. – 181 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Doc_Nation_report_2023\(1\).pdf/](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Doc_Nation_report_2023(1).pdf/). Дата обращения 10 марта 2025.
9. Губанищева, М.А., Аврунев, Е.И. и др. Методические подходы к установлению границ лесопаркового зеленого пояса / М.А. Губанищева, Е.И. Аврунев, О.В. Гамова, А.И. Каленицкий, В.С. Хорошилов // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2023. Т.28. №1. С. 106-115. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Microsoft Word - 1 - Содержание_рус.docx/. Дата обращения 09 апреля 2025.
10. Дубровский, А.В., Добротворская, Н.И., Малыгина, О.И. Перспективное планирование использования земель Новосибирской агломерации / А.В. Дубровский, Н.И. Добротворская, О.И. Малыгина // Интерэкспо-Гео-Сибирь. 2019. Т.4. № 2. С. 145-153. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_41259831_40350778.pdf/. Дата обращения 14 мая 2024.
11. Жарников В.Б. Рациональное использование земель и основные условия его реализации // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 171-179. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [elibrary_30037549_56885201.pdf/](https://elibrary.ru/download/elibrary_30037549_56885201.pdf/). Дата обращения 05 мая 2025.

12. Иванов, М.С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины / М.С. Иванов. - Новосибирск: Наука. 1984. 132 с. – Текст: непосредственный.
13. Информация о результатах государственного мониторинга земель (аналитическая записка). Росреестр. 2018 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru/>. Дата обращения 01 марта 2025.
14. Лебедева, Т.А. и др. Совершенствование мониторинга и оценки лесных земель / Т.А. Лебедева, А.И. Гагарин, Ю.Ю. Копылова, В.Н. Москвин // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2016. №4(36). С.191-199. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: elibrary_28102108_21685006.pdf/. Дата обращения 07 апреля 2025.
15. Лебзак, Е.В., Янкелевич, С.С. Геопространственные знания в пространственном развитии территорий на примере лесохозяйственной отрасли / Е.В. Лебзак, С.С. Янкелевич // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2022. Т.27 №3. С.123-133. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_49295826_94073922/. Дата обращения 05 мая 2025.
16. Лесопатологическое обследование. Акт. URL: Материалы лесопатологических обследований на территории РС(Я). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: . Дата обращения 15 марта 2025.
17. Лыткина, Л.П. Лесовосстановление на гарях Лено-Амгинского междуречья: Центральная Якутия / Л.П. Лыткина. – Новосибирск, Наука, 2010. – 118 с. – Текст : непосредственный.
18. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР масштаба 1:15000000 – Текст: непосредственный
19. Самсонова, В.В. Влияние леса на вечную мерзлоту. Мониторинг и методы исследования / В.В. Самсонова. – Якутск: Якутский госуниверситет, 2001. – 40 с. – Текст: непосредственный.
20. Статистический ежегодник Республики Саха (Якутия) : статистический сборник / редакционная коллегия: И. К. Гаевая (председатель), И. И. Батожергалова, В. А. Константинова. – Якутск : Типография СМИК, 2023. - 544 с. – Текст непосредственный.
21. Семы территориального планирования МР «Мегино-Кангаласский улус (район)». Схема защиты территорий от опасных природных и техногенных воздействий (2015 г.). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fgistp.economy.gov.ru/>. Дата обращения 17 мая 2024.
22. Хамедов В.А. Разработка методики мониторинга лесных земель на основе космических снимков оптического и радарного диапазонов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Диссертация.pdf (sgugit.ru). Дата обращения 20 марта 2023
23. Holloway J. E., Lewkowicz A. G., Douglas T. A., et al. Impact of wildfire on permafrost land scapes: A review of recent advances and future prospects. // Permafrost and Periglacial Process. – 2020 – V. 31 (3). – P. 1–12. – DOI 10.1002/ppp.2048.
24. Sentinel Hub. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Sentinel Hub/– Текст : электронный.

© М. И. Стрекаловская, Н. И. Доброворская, В. В. Самсонова, 2025