Обнаружение пожароопасных участков лесных рубок на основе данных Landsat и Sentinel

В. А. Хамедов, Е. И. Баранова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий
Новосибирск, 630108, Россия
E-mail: khamedov.vladimir@mail.ru

Исследуется возможность превентивного выявления пожароопасных участков лесных рубок, захламлённых порубочными остатками, на основе анализа космических снимков среднего пространственного разрешения. Метод базируется на разнице альбедо поверхности в диапазонах длин волн 0,845–0,885 и 2,10–2,30 мкм в период активного снеготаяния, когда участки с порубочными остатками прогреваются быстрее окружающего ландшафта из-за различий в теплоёмкости. В качестве информационного источника использованы данные спутников Landsat и Sentinel, обрабатываемые с применением платформы «ВЕГА-Science». Методика апробирована на трёх тестовых участках в Вологодской, Иркутской областях и Красноярском крае за период 2019–2024 гг. Дешифрировано 160 новых сплошных рубок общей площадью 5043 га. Установлено, что температурный контраст между захламлёнными и очищенными участками может достигать нескольких градусов и позволяет детектировать потенциально пожароопасные объекты площадью менее 1 га за 2–4 нед. до официального начала пожароопасного сезона. Картографирование подтвердило наличие захламлённых лесосек в Вологодской и Иркутской областях, тогда как в Красноярском крае такие участки не зафиксированы, что косвенно свидетельствует о более строгом соблюдении правил очистки. Результаты демонстрируют высокую эффективность подхода для оперативной актуализации карт классов природной пожарной опасности, планирования маршрутов полевых инспекций и усиления контроля за соблюдением требований пожарной безопасности в лесах.

Ключевые слова: порубочные остатки, пожароопасный период, космические снимки, Landsat, Sentinel, ВЕГА-Science

Одобрена к печати: 26.06.2026
DOI: 10.21046/2070-7401-2026-23-4-272-281

Введение

Лесное хозяйство является одним из перспективных секторов экономики Российской Федерации. При правильной организации его ведения лесные ресурсы условно могут иметь неисчерпаемый запас. По данным Рослесхоза, на 01.01.2024 общая площадь лесных земель на территории Российской Федерации составляет 893 968,2 тыс. га, что соответствует 52 % от всей площади страны. При этом под заготовку древесины ежегодно отводится менее 0,2 % общей площади лесных земель (около 170 000 тыс. га), пополняя бюджет страны на 63,9 млрд рублей без учёта доходных статей при реализации лесной продукции и иных вариантов использования земель лесного фонда. Однако ежегодно пожары наносят землям лесного фонда существенный ущерб. Согласно проведённым исследованиям (Лупян и др., 2017) площади пожаров на покрытых лесом территориях растут. Исходя из отчёта о реализации Публичной декларации целей и задач Рослесхоза, за первое полугодие 2024 г. на территории Российской Федерации на землях лесного фонда на площади 2 384 666 га возникло 4354 лесных пожара. Из федерального бюджета на охрану лесов от пожаров в 2024 г. выделено 14,4 млрд рублей, что на 200 млн рублей больше, чем в 2023 г. Из региональных бюджетов на охрану лесов от пожаров в 2023 г. выделено 14,7 млрд рублей. В этой связи актуальным становится вопрос контроля соблюдения пожарной безопасности в лесах.

Одна из возможных причин возникновения лесных пожаров заключается в оставлении на местах лесных рубок порубочных остатков (веток, сучьев, вершин, пней, стволов неликвидной древесины, корней и коры) в результате проведения лесосечных работ. В соответ-

ствии с Приказом Рослесхоза от 05.07.2011 № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды» места захламлённых сплошных рубок относятся к первому классу природной пожарной опасности. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 07.10.2020 № 1614 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах» при проведении рубок лесных насаждений одновременно с заготовкой древесины следует осуществлять очистку мест рубок (лесосек) от порубочных остатков. Оставление порубочных остатков на местах рубок в пожароопасный период недопустимо и является нарушением в соответствии со ст. 8.32 Кодекса об административных правонарушениях РФ. Разрешённые способы очистки мест рубок от порубочных остатков должны быть выполнены в соответствии с Приказом Минприроды РФ от 17.01.2022 № 23 «Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их выполнения, формы технологической карты лесосечных работ, формы акта заключительного осмотра лесосеки и порядка заключительного осмотра лесосеки». При этом мероприятия по очистке мест рубок от порубочных остатков требуют дополнительных финансовых и временных затрат и в ряде случаев выполняются с привлечением специализированной техники (Трушевский и др., 2023, 2024).

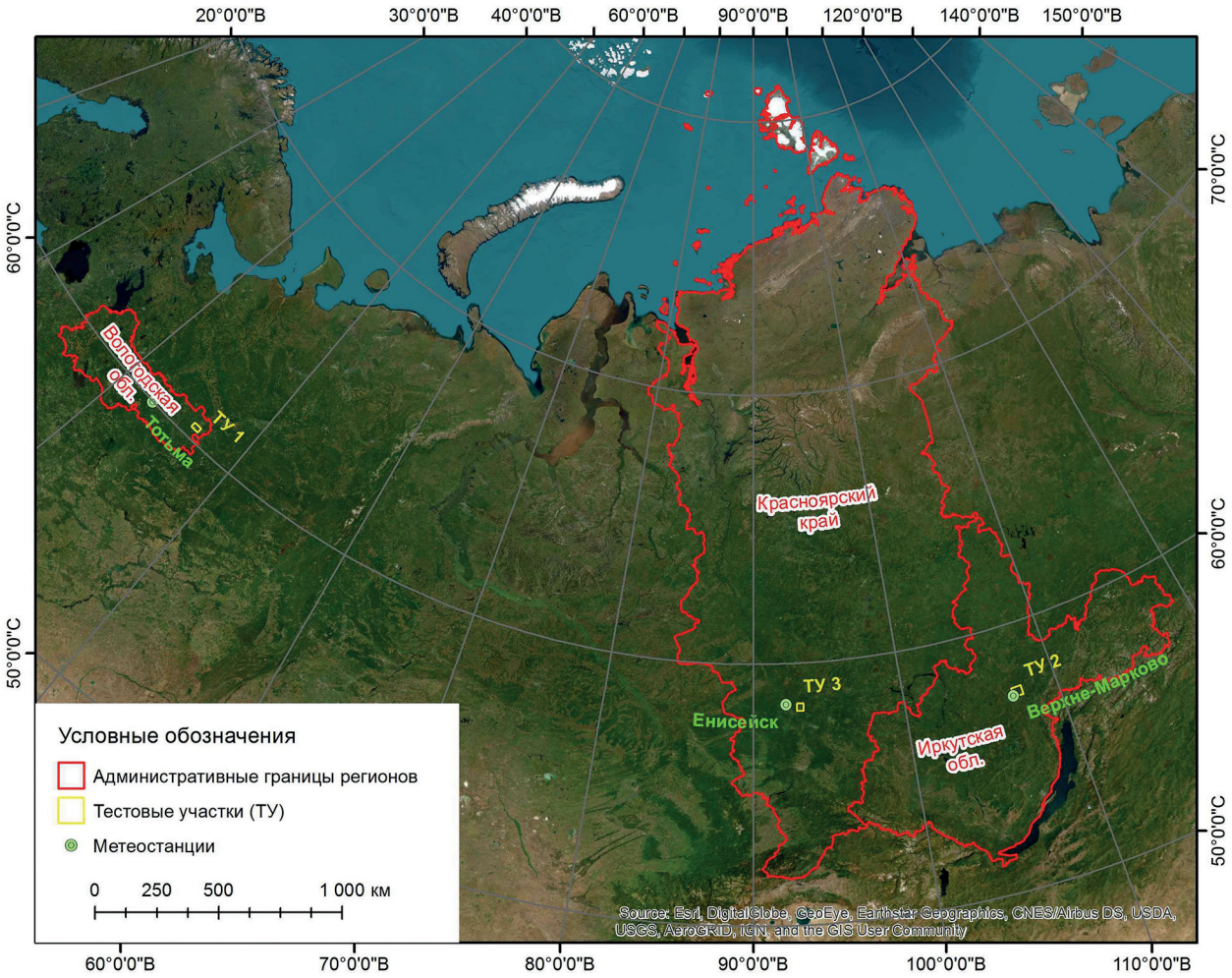

Рис. 1. Пространственное расположение тестовых участков

Цель настоящей работы — исследование возможности применения общедоступных космических снимков среднего пространственного разрешения для обнаружения и картографирования пожароопасных лесных участков с наличием порубочных остатков на них, непосредственно перед началом пожароопасного периода. В качестве тестовых участков (ТУ)

для выполнения работы были выбраны участки лесных рубок на территории Вологодской, Иркутской областей и Красноярского края. Выбор данных территорий обусловлен наличием большого количества участков сплошных рубок, считающихся наиболее удобными и экономически выгодными в таёжной зоне, для которой характерен одновозрастный лес. Пространственное расположение ТУ представлено на *рис. 1.*

По данным Федерального агентства лесного хозяйства (https://rosleshoz.gov.ru/opendata/), Вологодская обл. характеризуется высокой лесистостью (68,4 %) и преобладанием темнохвойных и смешанных лесов. Пожары в регионе чаще носят локальный характер, однако их возникновение в основном связано с деятельностью лесозаготовительных предприятий. Оставление порубочных остатков на лесосеках создаёт устойчивые очаги повышенной горимости, особенно в апреле – мае, когда происходит интенсивное просыхание лесной подстилки. За пожароопасный сезон 2024 г. на территории региона было зарегистрировано 108 лесных пожаров на общей площади 140,53 га.

Иркутская обл. входит в число наиболее пожароопасных регионов Сибири. Лесистость территории достигает 82,2 %, климат резко континентальный, с засушливыми вёснами и частыми грозами. Причинами возгораний в регионе следует считать естественные (молнии) и антропогенные факторы. Активная лесозаготовка в верхнем бассейне р. Лены приводит к образованию обширных площадей свежих рубок, где несоблюдение правил очистки порубочных остатков многократно повышает риск распространения огня. По данным Рослесхоза, за 2024 г. на территории области было зарегистрировано 792 пожара, а общая площадь, пройденная огнём, составила 243 156 га.

Красноярский край обладает крупнейшими лесными ресурсами среди рассматриваемых регионов, однако лесистость территории ниже (45,4 %) из-за горного рельефа и наличия тундровых/лесотундровых зон. Пожары здесь часто имеют катастрофический масштаб, особенно в центральных и южных районах края. Пожарная опасность в регионе обусловлена глубоким промерзанием почв, быстрым весенним осушением травяно-кустарничкового яруса и высокой грозовой активностью. По данным Рослесхоза, в 2024 г. в регионе было обнаружено и ликвидировано 555 лесных пожаров, пройденная огнём площадь составила 39 тыс. га.

Пространственные размеры ТУ в границах указанных регионов выбраны с учётом статистической достаточности оценки состояния лесных рубок на этих участках. Тестовый участок № 1 (ТУ 1) общей площадью 72 438 га расположен на территории Великоустюгского р-на Вологодской обл. в 18 км к югу от г. Великий Устюг. Тестовый участок № 2 (ТУ 2) общей площадью 79 658 га расположен на территории Киренского и Усть-Кутского районов Иркутской обл. в верхнем течении р. Лены, в 1 км северо-восточнее пос. Верхне-Марково. Тестовый участок № 3 (ТУ 3) общей площадью 82 113 га расположен на территории Енисейского и Мотыгинского районов Красноярского края на расстоянии 24 км к востоку от г. Лесосибирска.

Материалы и методы

В международной практике тепловая съёмка традиционно ассоциируется с детектированием активного горения. Однако в последнее время развивается направление использования тепловых каналов для превентивной оценки пожарной опасности (Краснощеков и др., 2019; Chuvieco et al., 2010; Wooster et al., 2012, 2021; Xu, Wooster, 2023). Для обнаружения пожароопасных лесных участков с наличием порубочных остатков используются, как правило, космические снимки высокого пространственного разрешения или материалы аэрофотосъёмки с беспилотных летательных аппаратов. На таких снимках порубочные остатки могут дешифрироваться визуально. Однако снимки высокого пространственного разрешения имеют ограниченную полосу обзора и высокую стоимость.

В весенний период, во время таяния снежного покрова, из-за различий температуры прогревания участки рубок с порубочными остатками могут быть обнаружены по космическим снимкам среднего пространственного разрешения в ближней инфракрасной (ИК) части

спектра по наличию тепловой аномалии на поверхности таких участков. Отличия в спектральной яркости участков изображения связаны с различной степенью отражательной способности нагретых участков. Имеющиеся зависимости температуры поверхности лесной рубки от её площади приведены в публикации (Khamedov, 2019).

Способ обнаружения пожароопасных лесных участков с наличием на них порубочных остатков до наступления пожароопасного периода представлен в работе (Хамедов, 2024). В качестве информационного источника для обнаружения пожароопасных участков могут быть использованы космические снимки среднего пространственного разрешения с космических аппаратов (КА) серии Landsat и Sentinel в диапазонах длин волн 0,845–0,885 и 2,10–2,30 мкм. Доступ к космическим снимкам и их тематическая обработка возможны с использованием сервиса «ВЕГА-Science» (Лупян и др., 2021).

Результаты

На выбранных территориях ТУ с использованием цветосинтезированных разновременных космических снимков были дешифрированы все новые лесные рубки за временной период пять лет, с 2019 по 2024 г. На территории ТУ 1 обнаружено 56 новых рубок на общей площади 1883 га, на территории ТУ 2 — 30 рубок на общей площади 1413 га, на территории ТУ 3 — 74 рубки на общей площади 1747 га. Среднестатистическая площадь одной рубки на территории ТУ 1 составила 34 га, на территории ТУ 2 — 47 га, на территории ТУ 3 — 24 га. В *табл. 1* представлена сводная информация о количестве и площади обнаруженных рубок. Различия в количестве обнаруженных в разные сезоны рубок связаны с особенностями плана проведения лесосечных работ на территориях лесничеств.

Таблица 1. Количество и площадь обнаруженных рубок на тестовых участках за временной период 2019–2024 гг.

Годы	Вологодская обл. (ТУ 1)		Иркутская обл. (ТУ 2)		Красноярский край (ТУ 3)	
	Площадь, га	Количество рубок, ед.	Площадь, га	Количество рубок, ед.	Площадь, га	Количество рубок, ед.
2019–2020	576	22	276	9	477	28
2020–2021	206	5	282	11	189	11
2021–2022	288	8	256	14	522	13
2022–2023	555	10	283	11	236	7
2023–2024	258	11	316	5	323	15
Всего	1883	56	1413	30	1747	74

Во время проведения рубок в зимний период обнаружить участки, захламлённые порубочными остатками, затруднительно. Однако в период интенсивного таяния снежного покрова такие участки имеют более высокую температуру за счёт прогрева находящихся на поверхности порубочных остатков. В последующие весенние сезоны участки с порубочными остатками не отличаются от остальных, так как экранируются снежным покровом, накопленным в зимний период. В качестве примера на *рис. 2а* и *б* представлены картосхемы температуры поверхности участков лесных рубок для ТУ 2, рассчитанные по данным прибора TIRS (*англ.* Thermal Infrared Sensor) КА Landsat-8 (дата съёмки 16.04.2022 и 19.04.2023). Участки с порубочными остатками на тепловом изображении, полученном в 2022 г. обозначены красным цветом, в 2023 г. эти участки не отличаются от остальных рубок. При этом на фрагменте снимка высокого пространственного разрешения (см. *рис. 2в*), полученного с использованием сервиса Google Earth (дата съёмки 02.07.2024) визуально хорошо дешифрируется наличие порубочных остатков, собранных в валы по периметру участка рубки.

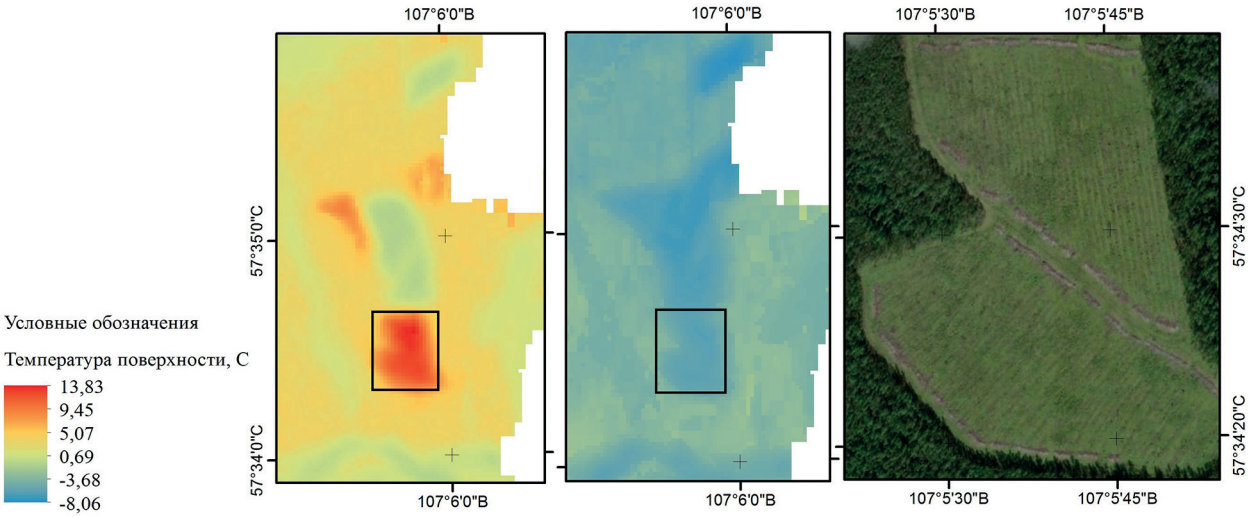

Рис. 2. Карта-схема температуры поверхности участков лесных рубок 16.04.2022 (*а*), 19.04.2023 (*б*) и снимок высокого пространственного разрешения 02.07.2024 с порубочными остатками, собранными в валы (*в*)

На *рис. 3* представлен график различия сезонного хода температуры, построенный по усреднённым значениям одного из участков ТУ 2 с порубочными остатками (координаты участка 107,09° в. д.; 57,57° с. ш.) и примыкающего к нему участка без порубочных остатков за временной период с января по июнь 2022 г. При таянии снежного покрова разница значений температуры в выбранных точках измерения составила более 10 °С, а после таяния снега поверхности участков равномерно прогрелись.

Рис. 3. Различия хода температуры на участках лесных рубок с порубочными остатками и без них. Вертикальные отрезки на графиках средней температуры — величины стандартного отклонения

Выбор временного интервала для обнаружения захламлённых порубочными остатками участков осуществляется с учётом сезонной динамики таяния снежного покрова. Для её анализа на портале RP.5 (https://rp5.ru/) получены архивные данные о высоте снежного покрова за период с 2019 по 2023 г. Для исследуемых участков использованы данные метеостанций, расположенных в населённых пунктах Тотьма (ID 27051) (ТУ 1), Верхне-Марково (ТУ 2) и Енисейск (ID 29263) (ТУ 3). Местоположение метеостанций относительно ТУ показано на *рис. 1.*

Динамика снежного покрова на территориях исследования по данным метеостанций за период с 2019 по 2023 г. представлена на *рис. 4.* По данным метеостанций, постепенный сход снежного покрова начинается в марте и завершается в апреле. Для обнаружения и картографирования пожароопасных лесных участков с порубочными остатками использовались космические снимки в период активного снеготаяния. Для Вологодской обл. (ТУ 1)

были использованы снимки за 01.03.2020, 27.03.2021, 31.03.2022 и 18.03.2023 (см. *рис. 4а*). Для Иркутской обл. (ТУ 2) — снимки, полученные 24.04.2019, 03.04.2020, 29.04.2021, 16.04.2022, 19.04.2023 (см. *рис. 4б*). Для Красноярского края (ТУ 3) использованы снимки за 29.03.2019, 24.03.2020, 15.04.2022, 02.04.2023 (см. *рис. 4в*). Указанные даты снимков, кроме 29.04.2021 для ТУ2, отображены цветными метками на соответствующих временных графиках снижения снегозапаса. Метка, соответствующая дате 29.04.2021, отсутствует на рисунке, так как по данным метеостанции в Верхне-Марково снежный покров сошёл 25.04.2021. Однако наличие остатков снежного покрова позволило обнаружить пожароопасные лесные участки рубок с использованием космического снимка 29.04.2021.

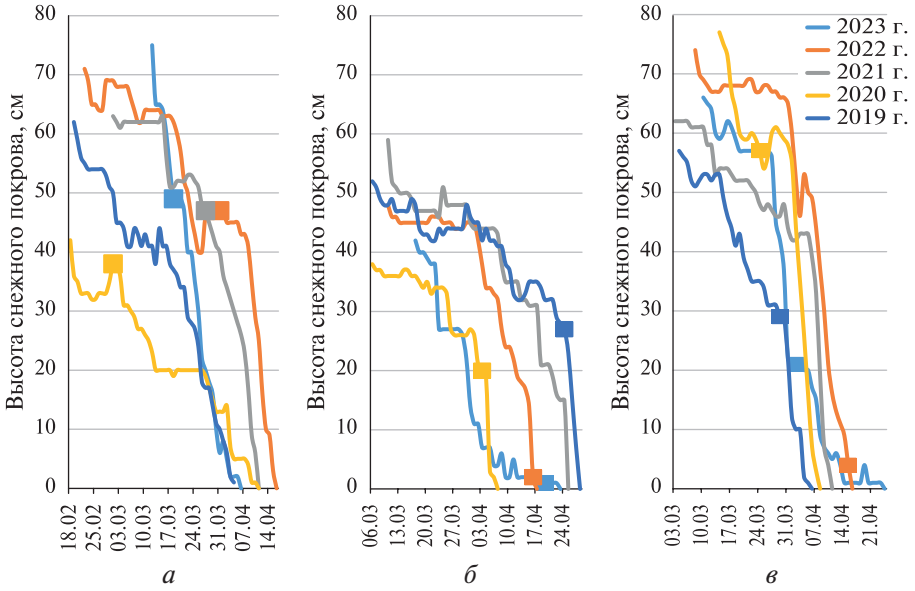

Рис. 4. Динамика схода снежного покрова на территориях исследования по данным метеостанций: *а* — Тотьма; *б* — Верхне-Марково; *в* — Енисейск

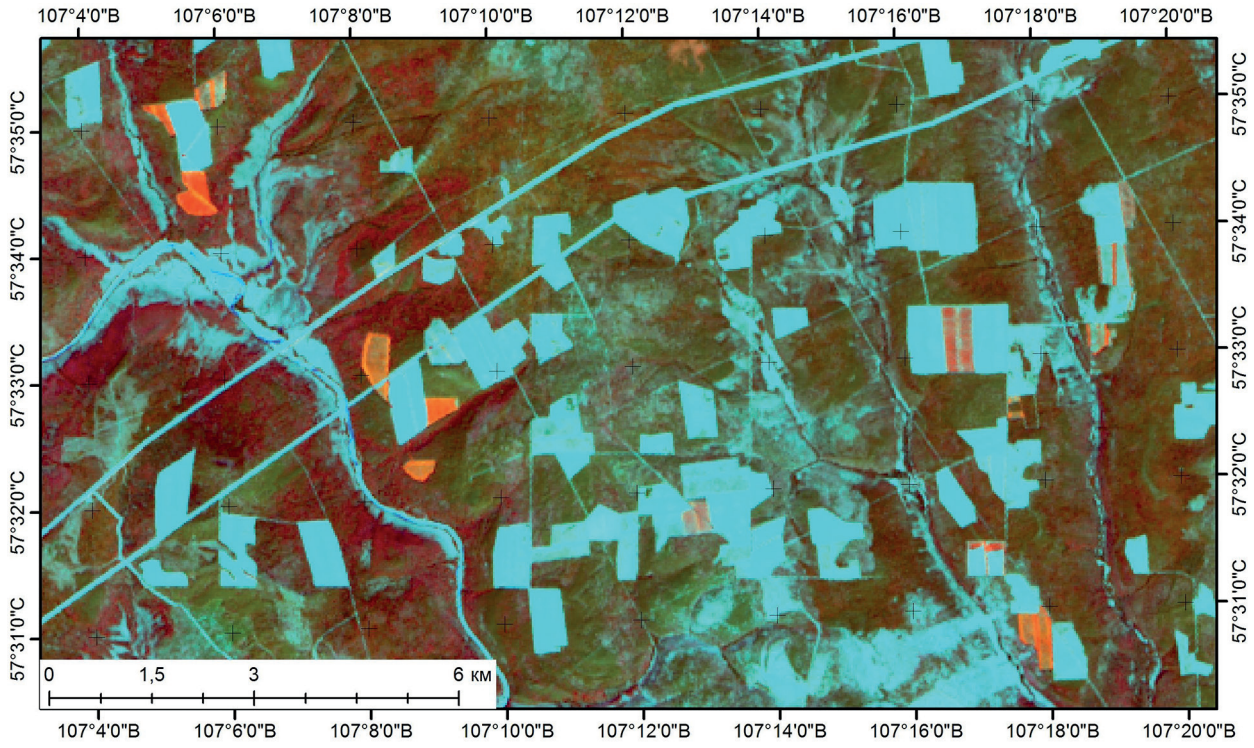

Рис. 5. Снимок Landsat-8 от 16.04.2022 участка территории Иркутской области (ТУ 2) с обнаруженными на лесосеках порубочными остатками

Пример снимка в ближней ИК-части спектра с обнаруженными порубочными остатками представлен на *рис. 5*. Захламлённые участки отображены на снимке красным цветом. На отдельных лесосеках наблюдаются порубочные остатки, собранные в валы, ориентированные по направлению с севера на юг.

В ходе исследования было проведено картографирование пожароопасных лесных участков с порубочными остатками (*табл. 2*). Оно выявило их наличие в Вологодской и Иркутской областях, но отсутствие в Красноярском крае. Это указывает на более результативные практики утилизации порубочных остатков в последнем, что снижает риск возникновения лесных пожаров, связанных с ними. Причины пожаров в этом регионе могут быть обусловлены и другими факторами, таким как природные условия, человеческий фактор, наличие воспламеняющихся материалов. Таким образом, необходимость анализировать и учитывать все аспекты управления лесными ресурсами и предупреждения пожаров остаётся актуальной.

Таблица 2. Картографирование пожароопасных лесных участков с порубочными остатками, количество и ориентировочная площадь

Вологодская обл. (ТУ 1)			Иркутская обл. (ТУ 2)			Красноярский край (ТУ 3)		
Дата обнаружения	Площадь, га	Количество, ед.	Дата обнаружения	Площадь, га	Количество, ед.	Дата обнаружения	Площадь, га	Количество, ед.
01.03.2020	0	0	24.04.2019	151	7	29.03.2019	0	0
27.03.2021	75	6	03.04.2020	18	2	24.03.2020		
31.03.2022	0	0	29.04.2021	286	19	15.04.2022		
18.03.2023	6	1	16.04.2022	187	8	02.04.2023		
–	–	–	19.04.2023	39	1	–	–	–

Проведённое исследование подтверждает, что метод обнаружения и картографирования участков лесных рубок, захламлённых порубочными остатками, на основе анализа тепловой аномалии поверхности в период активного снеготаяния представляется эффективным для всех трёх тестовых регионов. Физической основой метода служит различие в теплоёмкости и альбедо между порубочными остатками и естественным ландшафтом, что обеспечивает температурный контраст в несколько градусов и позволяет визуализировать потенциально пожароопасные объекты на тепловых картах даже при наличии снежного покрова.

Метод обнаружения захламлённых порубочными остатками участков на основе тепловой аномалии поверхности демонстрирует высокую применимость в различных природно-климатических условиях таёжной зоны РФ. Несмотря на региональные особенности, подход обеспечивает возможность превентивного выявления пожароопасных объектов за 2–4 нед. до начала пожароопасного сезона. Дальнейшее совершенствование метода связано с автоматизацией обработки, учётом топографических искажений и интеграцией с метеорологическими моделями, что позволит повысить точность и оперативность принятия управленческих решений по охране лесов.

Выводы

С использованием общедоступных спутниковых снимков среднего пространственного разрешения с КА Landsat и Sentinel могут быть обнаружены лесные участки площадью менее 1 га с наличием на них порубочных остатков. В зависимости от территории наблюдения временной интервал для обнаружения порубочных остатков составляет от двух недель до одного месяца в период интенсивного таяния снежного покрова. Полученные результаты могут быть использованы специалистами контрольно-надзорных служб и ведомств при проведении комплексного спутникового мониторинга территорий, а также при планировании работ по полевому обследованию состояния участков рубок в период наступления пожароопасного

периода в регионах. Кроме того, информацию о захламлении участков порубочными остатками возможно применять для актуализации карт классов пожарной опасности перед началом пожароопасного сезона в регионах (Хамедов, Мазуров, 2015), а также картографирования участков с высоким риском возникновения очагов лесных вредителей (Гниненко, Иванов, 2022). По результатам проведённой работы можно сделать следующие основные выводы:

1. Экспериментально подтверждена эффективность обнаружения захламлённых порубочными остатками лесосек по данным космических снимков среднего пространственного разрешения в диапазонах длин волн 0,845–0,885 и 2,10–2,30 мкм в период активного снеготаяния на основе регистрации тепловой аномалии поверхности.
2. За период 2019–2024 гг. на тестовых участках в Вологодской, Иркутской областях и Красноярском крае выявлено 160 новых рубок общей площадью 5043 га. Метод позволяет уверенно детектировать объекты площадью менее 1 га за 2–4 нед. до начала пожароопасного сезона.
3. Пространственный анализ подтвердил систематическое оставление порубочных остатков в Вологодской и Иркутской областях, тогда как в Красноярском крае захламлённые участки не зафиксированы, что указывает на возможно более эффективную организацию лесосечных работ и соблюдение нормативных требований в данном регионе.
4. Полученные результаты могут быть интегрированы в системы государственного мониторинга лесного фонда для оперативной актуализации карт классов природной пожарной опасности, оптимизации маршрутов наземного контроля и превентивного применения мер ответственности по ст. 8.32 Кодекса об административных правонарушениях РФ.
5. Дальнейшее развитие метода целесообразно связать с автоматизацией обработки тепловых и ИК-каналов, оценкой возможности интеграции с используемыми индексом пожароопасности погоды FWI (*англ.* Fire Weather Index) и индексом Нестерова, а также применением алгоритмов машинного обучения для минимизации влияния рельефа, облачности и повышения пространственно-временной детализации карт рисков пожарной опасности.

Литература

1. *Гниненко Ю. И.*, *Иванов В. А.* Возможности использования космических снимков для слежения за очагами сибирского шелкопряда и короеда-типографа // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2022. № 62. С. 137–142.
2. *Краснощеков К. В.*, *Дергунов А. В.*, *Пономарев Е. И.* Оценка тепловых карт подстилающей поверхности на участках вырубок по данным Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 87–97. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-87-97.
3. *Лупян Е. А.*, *Барталев С. А.*, *Балашов И. В. и др*. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в 21 веке на территории Российской Федерации (цифры и факты по данным детектирования активного горения) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 6. С. 158–175. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175.
4. *Лупян Е. А.*, *Прошин А. А.*, *Бурцев М. А. и др*. Система «Вега-Science»: особенности построения, основные возможности и опыт использования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 6. С. 9–31. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-6-9-31.
5. *Трушевский П. В.*, *Куницкая О. А.*, *Должиков И. С. и др.* Анализ технических и технологических решений очистки лесосек от порубочных остатков // Resources and Technology. 2023. Т. 20. № 4. С. 89–138. DOI: 10.15393/j2.art.2023.7283.
6. *Трушевский П. В.*, *Должиков И. С.*, *Григорьев И. В. и др.* Определение доступного запаса порубочных остатков на лесосеке после сплошной рубки по скандинавской технологии // Resources and Technology. 2024. Т. 21. № 3. С. 57–74. DOI: 10.15393/j2.art.2024.7863.
7. *Хамедов В. А.* Способ обнаружения пожароопасных участков лесных рубок. Патент РФ 2821598. Рег. 25.06.2024.
8. *Хамедов В. А.*, *Мазуров Б. Т.* Разработка методических вопросов создания системы спутникового мониторинга состояния лесных экосистем в условиях воздействия нефтегазового комплекса территории Западной Сибири // Вестн. Сибирской гос. геодезической акад. 2015. № 3(31). С. 16–31.

9. *Chuvieco E.*, *Aguado I.*, *Yebra M. et al.* Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies // Ecological Modelling. 2010. V. 221. P. 46–58. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017.
10. *Khamedov V.* Studying the thermal field dynamics in the forest harvesting sites // E3S Web of Conf.: Regional Problems of Earth Remote Sensing (RPERS 2018). Krasnoyarsk: EDP Sciences, 2019. V. 75. Article 02006. DOI: 10.1051/e3sconf/20197502006.
11. *Wooster M. J.*, *Xu W.*, *Nightingale T.* Sentinel-3 SLSTR active fire detection and FRP product: Pre-launch algorithm development and performance evaluation using MODIS and ASTER datasets // Remote Sensing of Environment. 2012. V. 120. P. 236–254. DOI: 10.1016/j.rse.2011.09.033.
12. *Wooster M. J.*, *Roberts G. J.*, *Giglio L. et al.* Satellite remote sensing of active fires: History and current status, applications and future requirements // Remote Sensing of Environment. 2021. V. 267. Article 112694. DOI: 10.1016/j.rse.2021.112694.
13. *Xu W.*, *Wooster M. J.* Sentinel-3 SLSTR active fire (AF) detection and FRP daytime product — Algorithm description and global intercomparison to MODIS, VIIRS and Landsat AF data // Science of Remote Sensing. 2023. V. 7. Article 100087. DOI: 10.1016/j.srs.2023.100087.

Detection of fire-hazardous areas in forest logging zones based on Landsat and Sentinel satellite data

V. A. Khamedov, E. I. Baranova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, *Novosibirsk 630108*, *Russia*
E-mail: khamedov.vladimir@mail.ru

The paper investigates the potential for preventive detection of fire-hazardous logging sites heavily cluttered with logging residues (slash) utilizing medium spatial resolution satellite imagery. The proposed method is based on surface albedo differences in the 0.845–0.885 and 2.10–2.30 μm wavelength ranges during the active snowmelt period. During this time, areas covered with logging residues heat up faster than the surrounding landscape due to differences in heat capacity. Landsat and Sentinel satellite data, processed using the VEGA-Science platform, served as the primary data source. The methodology was validated across three study areas located in Vologda and Irkutsk regions, as well as Krasnoyarsk Krai, over the 2019–2024 period. A total of 160 new clear-cut areas encompassing 5,043 hectares were successfully interpreted. It was established that the temperature contrast between debris-covered and cleared areas can reach several degrees Celsius. This allows for the detection of potentially fire-hazardous sites smaller than 1 hectare 2 to 4 weeks prior to the official onset of the fire season. Mapping confirmed the presence of debris-laden logging sites in Vologda and Irkutsk regions, whereas no such areas were recorded in Krasnoyarsk Krai, indirectly suggesting stricter compliance with slash disposal regulations in the latter. The results demonstrate a high effectiveness of this approach for timely updating natural fire hazard classification maps, planning field inspection routes, and enhancement of monitoring regarding compliance with forest fire safety regulations.

Keywords: logging residues, fire hazard period, satellite images, Landsat, Sentinel, VEGA-Science

Accepted: 26.06.2026
DOI: 10.21046/2070-7401-2026-23-4-272-281

References

1. Gninenko Yu. I., Ivanov V. A., Possibilities of using space images to track the foci of IPS amitinus mass reproduction, *Actual Problems of Forest Complex*, 2022, No. 62, pp. 137–142 (in Russian).
2. Krasnoshchekov K. V., Dergunov A. V., Ponomarev E. I., Evaluation of underlying surface temperature maps on logging sites using Landsat data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, V. 16, No. 2, pp. 87–97 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-87-97.
3. Loupian E. A., Bartalev S. A., Balashov I. V. et al., Satellite monitoring of forest fires in the 21st century in the territory of the Russian Federation (facts and figures based on active fires detection), *Sovremennye prob-*

lemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2017, V. 14, No. 6, pp. 158–175 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175.
4. Loupian E. A., Proshin A. A., Bourtsev M. A. et al., Vega-Science system: design features, main capabilities and usage experience, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, V. 18, No. 6, pp. 9–31 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-6-9-31.
5. Trushevsky P. V., Kunitskaya O. A., Dolzhikov I. S. et al., Analysis of technical and technological solutions for clearing cutting areas from felling residues, *Resources and Technology*, 2023, V. 20, No. 4, pp. 89–138 (in Russian), DOI: 10.15393/j2.art.2023.7283.
6. Trushevsky P. V., Dolzhikov I. S., Grigorev I. V. et al., Determination of the available stock of logging residues in the cutting area after clean felling using Scandinavian technology, *Resources and Technology*, 2024, V. 21, No. 3, pp. 57–74 (in Russian), DOI: 10.15393/j2.art.2024.7863.
7. Khamedov V. A., *Sposob obnaruzheniya pozharoopasnykh uchastkov lesnykh rubok* (Method for detecting fire-hazardous areas of forest felling), Patent RU 2821598, Reg. 25.06.2024 (in Russian).
8. Khamedov V. A., Mazurov B. T., Development of methodological problems of creating satellite monitoring of forest ecosystems under the impact oil and gas sector of West Siberia, *Vestnik Sibirskoi gosudarstvennoi geodezicheskoi akademii*, 2015, No. 3(31), pp. 16–31 (in Russian).
9. Chuvieco E., Aguado I., Yebra M. et al., Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies, *Ecological Modelling*, 2010, V. 221, pp. 46–58, DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017.
10. Khamedov V., Studying the thermal field dynamics in the forest harvesting sites, *E3S Web of Conf.: Regional Problems of Earth Remote Sensing* (*RPERS 2018*), Krasnoyarsk: EDP Sciences, 2019, V. 75, Article 02006, DOI: 10.1051/e3sconf/20197502006.
11. Wooster M. J., Xu W., Nightingale T., Sentinel-3 SLSTR active fire detection and FRP product: Pre-launch algorithm development and performance evaluation using MODIS and ASTER datasets, *Remote Sensing of Environment*, 2012, V. 120, pp. 236–254, DOI: 10.1016/j.rse.2011.09.033.
12. Wooster M. J., Roberts G. J., Giglio L. et al., Satellite remote sensing of active fires: History and current status, applications and future requirements, *Remote Sensing of Environment*, 2021, V. 267, Article 112694, DOI: 10.1016/j.rse.2021.112694.
13. Xu W., Wooster M. J., Sentinel-3 SLSTR active fire (AF) detection and FRP daytime product — Algorithm description and global intercomparison to MODIS, VIIRS and Landsat AF data, *Science of Remote Sensing*, 2023, V. 7, Article 100087, DOI: 10.1016/j.srs.2023.100087.