

# Потенциальные возможности системы «Арктика М», как инструмента для мониторинга природных пожаров

Бриль А.А. (1), Антипова Е.А. (2), Балашов И.В. (1), Брежнев Р.В. (2), Крамарева Л.С. (3),  
Лупян Е.А. (1), Маглинец Ю.А. (2), Мазуров А.А. (1), Раевич К.В. (2)

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия (1)

Сибирский федеральный университет, институт космических и информационных технологий, Красноярск, Россия (2)

Дальневосточный центр ФГБУ "НИЦ "Планета", Хабаровск, Россия (3)

Двадцать первая международная конференция  
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"  
Москва  
13-17 ноября 2023 г.

Актуальность задачи:

- Оценка повреждений лесного покрова, связанных с действием природных пожаров – актуальная задача для лесного хозяйства.
- Для получения таких оценок актуальным является также получение временного ряда наблюдений, а также оперативность данных, которые могут быть использованы для обнаружения и мониторинга природного пожара.

В докладе проведено исследование возможностей уникальной высокоэллиптической гидрометеорологической космической системы (ВГКС) «Арктика-М» для решения задач мониторинга пожаров на территории Российской Федерации.

## Группировка КА «Арктика-М»

Арктика М – уникальная система для наблюдения полярных регионов нашей страны. В штатном составе группировки планируется 4 КА на высокоэллиптических орбитах (наклонение  $63^\circ$ , апогей 40 000 км).

- Каждый аппарат обеспечивает наблюдение северных полярных регионов каждые 15 минут на рабочем участке (виток 12 часов, рабочий участок около 6.5 часов).
- Система из двух аппаратов способна обеспечивать круглосуточное наблюдение полярных регионов.
- КА «Арктика-М» №1 был запущен в конце февраля 2021 года.
- Запуск КА «Арктика-М» №2 планируется на середину декабря 2023 года

# Аппаратура КА «Арктика-М» №1

Аппаратура МСУ-ГС/ВЭ, наследник прибора МСУ-ГС, модернизированного для работы на высокоэллиптической орбите.

Прибор предоставляет 10 каналов:

- 3 видимых каналов (Пространственное разрешение 1км.)
- 7 ИК каналов (Пространственное разрешение 4км.)

Таким образом система может быть использована не только для решения метеорологических задач, но и для решения задач мониторинга природных пожаров.

Central wavelength	Spectral interval	SNR or NEΔT @ specified input
0.57 μm	0.50 - 0.65 μm	200 @ 100 % albedo
0.72 μm	0.65 - 0.80 μm	200 @ 100 % albedo
0.86 μm	0.80 - 0.90 μm	200 @ 100 % albedo
3.75 μm	3.50 - 4.00 μm	0.35 K @ 300 K
6.35 μm	5.70 - 7.00 μm	0.4 K @ 300 K
8.00 μm	7.50 - 8.50 μm	0.1 K @ 300 K
8.70 μm	8.20 - 9.20 μm	0.15 K @ 300 K
9.70 μm	9.20 - 10.2 μm	0.15 K @ 300 K
10.7 μm	10.2 - 11.2 μm	0.15 K @ 300 K
11.7 μm	11.2 - 12.5 μm	0.25 K @ 300 K

## использования данных ВГКС «Арктика-М» для мониторинга пожаров

Основные плюсы:

- Непрерывное круглосуточное наблюдение практически всей территории России.
- Наличие «пожарных» каналов в диапазонах 3.5 – 12.5 мкм.

При этом стоит отметить и ограничивающие факторы применения системы для мониторинга пожаров:

- Низкое пространственное разрешение (4 x 4 км.).
- Точность привязки данных.

Поэтому для оценки возможности применения ВГКС «Арктика-М» для мониторинга природных, в первую очередь лесных пожаров и определения возможных направлений использования получаемой информации был проведен анализ данных, полученных в пожароопасном сезоне 2023 года, и сравнение их с информацией дистанционного мониторинга пожаров, получаемой на основе других спутниковых систем.

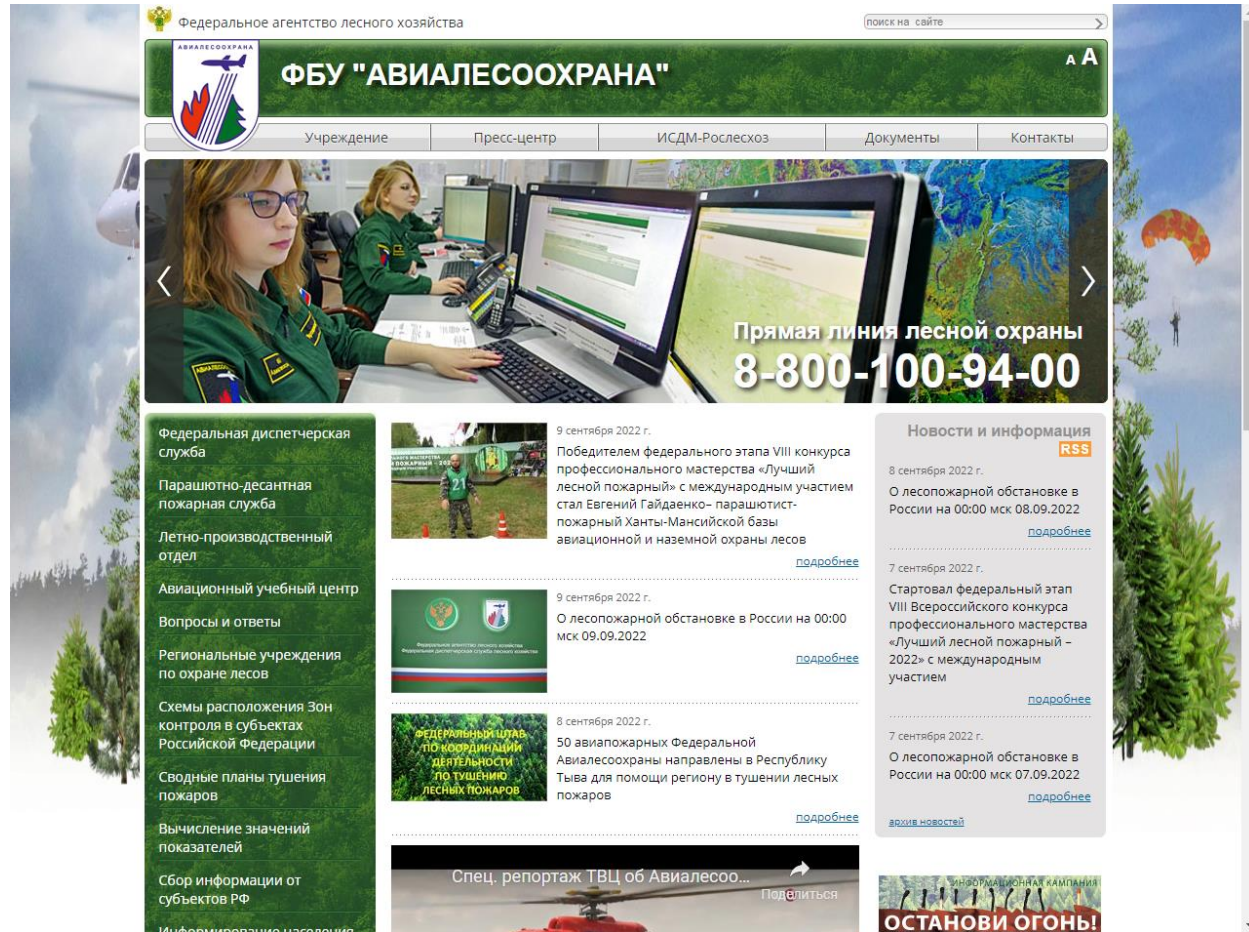
Основными задачами проводимого анализа были:

- *качественная оценка* возможности наблюдения действующих пожаров с использованием данных прибора МСУ-ГС/ВЭ
- *количественная оценка* вероятности наблюдения очагов горения различной площади прибором МСУ-ГС/ВЭ
- *формулировка основных задач*, связанных с мониторингом пожаров, для которых потенциально может использоваться ВГКС «Арктика-М», и приоритетных направлений разработок, которые должны быть выполнены для обеспечения решения этих задач.

# ИСДМ Рослесхоз

Проведенный анализ основывался на сравнении информации, получаемой в Информационной системе дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), которая обеспечивает мониторинг пожаров на всей территории Российской Федерации.

Следует отметить, что эти данные оперативно поступают в ИСДМ-Рослесхоз, поступление их в систему обеспечивает полностью автоматизированная обработка данных, реализованная в Научно-исследовательском центре «Планета» (НИЦ «Планета»)



Федеральное агентство лесного хозяйства

поиск на сайте

**ФБУ "АВИАЛЕСООХРАНА"**

Учреждение | Пресс-центр | ИСДМ-Рослесхоз | Документы | Контакты

Прямая линия лесной охраны  
**8-800-100-94-00**

Федеральная диспетчерская пожарная служба  
Параютно-десантная пожарная служба  
Летно-производственный отдел  
Авиационный учебный центр  
Вопросы и ответы  
Региональные учреждения по охране лесов  
Схемы расположения Зон контроля в субъектах Российской Федерации  
Сводные планы тушения пожаров  
Вычисление значений показателей  
Сбор информации от субъектов РФ  
Информирование населения

9 сентября 2022 г.  
Победителем федерального этапа VIII конкурса профессионального мастерства «Лучший лесной пожарный» с международным участием стал Евгений Гайдаенко – парашютист-пожарный Ханты-Мансийской базы авиационной и наземной охраны лесов [подробнее](#)

9 сентября 2022 г.  
О лесопожарной обстановке в России на 00:00 мск 09.09.2022 [подробнее](#)

8 сентября 2022 г.  
50 авиационных Федеральной Авиалесоохраны направлены в Республику Тыва для помощи региону в тушении лесных пожаров [подробнее](#)

8 сентября 2022 г.  
О лесопожарной обстановке в России на 00:00 мск 08.09.2022 [подробнее](#)

7 сентября 2022 г.  
Стартовал федеральный этап VIII Всероссийского конкурса профессионального мастерства «Лучший лесной пожарный – 2022» с международным участием [подробнее](#)

7 сентября 2022 г.  
О лесопожарной обстановке в России на 00:00 мск 07.09.2022 [подробнее](#)

Спец. репортаж ТВЦ об Авиалесоо... [Поделиться](#)

ИНФОРМАЦИОННАЯ КАМПАНИЯ  
**ОСТАНОВИ ОГОНЬ!**

## **Качественная оценка возможности наблюдения пожаров с использованием данных прибора МСУ-ГС/ВЭ.**

*Для получения качественной оценки* был подготовлен специальный набор данных. Данные были взяты из Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), обеспечивающей мониторинг пожаров на всей территории Российской Федерации.

Набор данных включал:

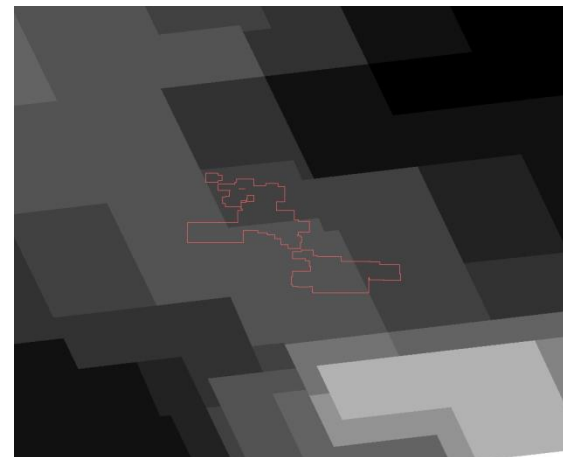
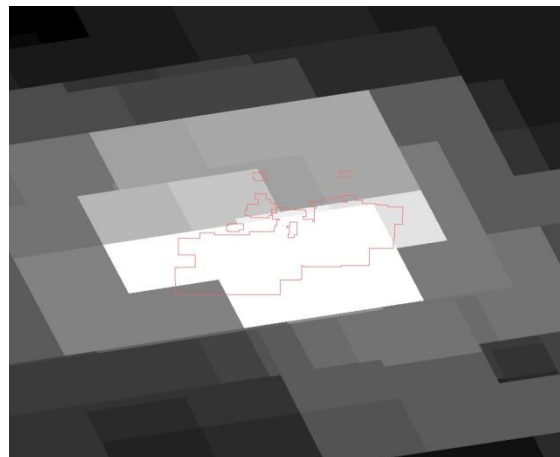
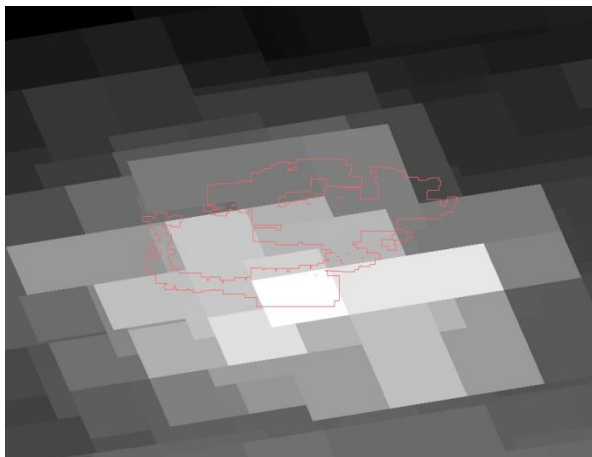
- Растровые карты с каналными данными прибора МСУ-ГС/ВЭ КА «Арктика-М» № 1
- Набор векторов с контурами суточных зон горения, полученных на основе данных приборов MODIS и VIIRS

Оценка проводилась путем визуального сравнения информации о пожарах, детектированных ИСДМ-Рослесхоз, и данных прибора МСУ-ГС/ВЭ.

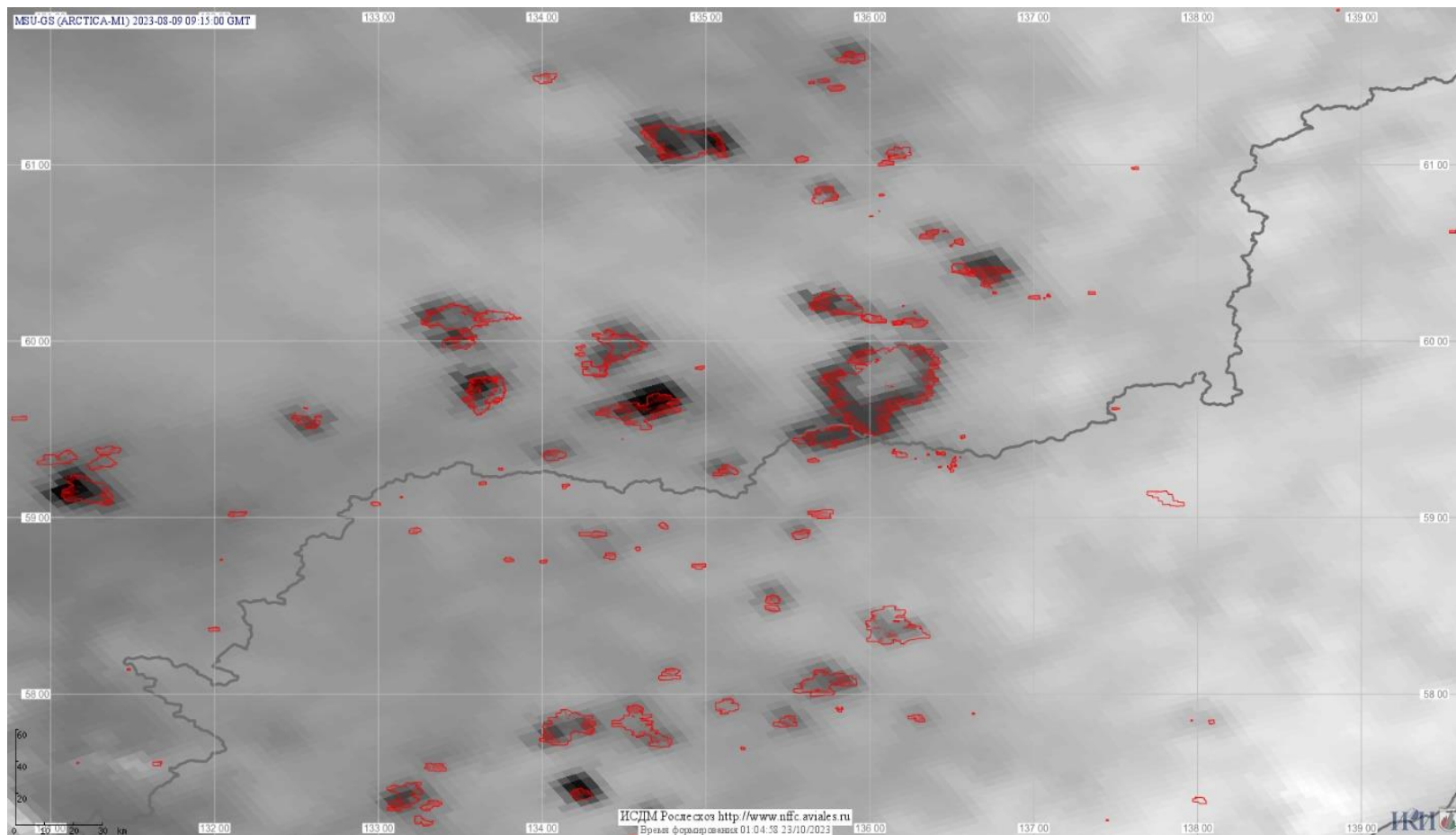


## Примеры анализа

Для упрощения визуального анализа на первом этапе был подготовлен набор картинок с наложенными суточными зонами горения на 4-ый канал (3.7 мкм) данных прибора МСУ-ГС/ВЭ.



## Примеры анализа



- Пример совпадения тепловых аномалий, наблюдаемых в канале 3,5–4 мкм прибора МСУ-ГС/ВЭ 15:00 GMT 09.08.2023 и данных о детектированных ИСДМ-Рослесхоз действующих лесных пожаров (красные контуры и зоны горения) за сутки 09.08.2023

## Качественная оценка. Вывод

- ❑ *Качественная оценка показала, что во многих случаях на данных спутника «Арктика-М» №1 в местах действия пожаров, детектируемых и контролируемых ИСДМ-Рослесхоз, наблюдаются ярко выраженные участки с тепловыми аномалиями.*
- ❑ На растровых картах хорошо видно, что такие участки наблюдаются в зонах пожаров различной площади.
- ❑ Таким образом, прибор МСУ-ГС/ВЭ позволяет увидеть зоны горения, и потенциально для него могут быть построены алгоритмы их детектирования.

## ***Количественная оценка вероятности наблюдения очагов горения различной площади***

Была проведена более детальная оценка возможностей ВГКС «Арктика-М» по наблюдению природных пожаров, а именно количественная оценка вероятности наблюдения очагов горения различной площади прибором МСУ-ГС/ВЭ.

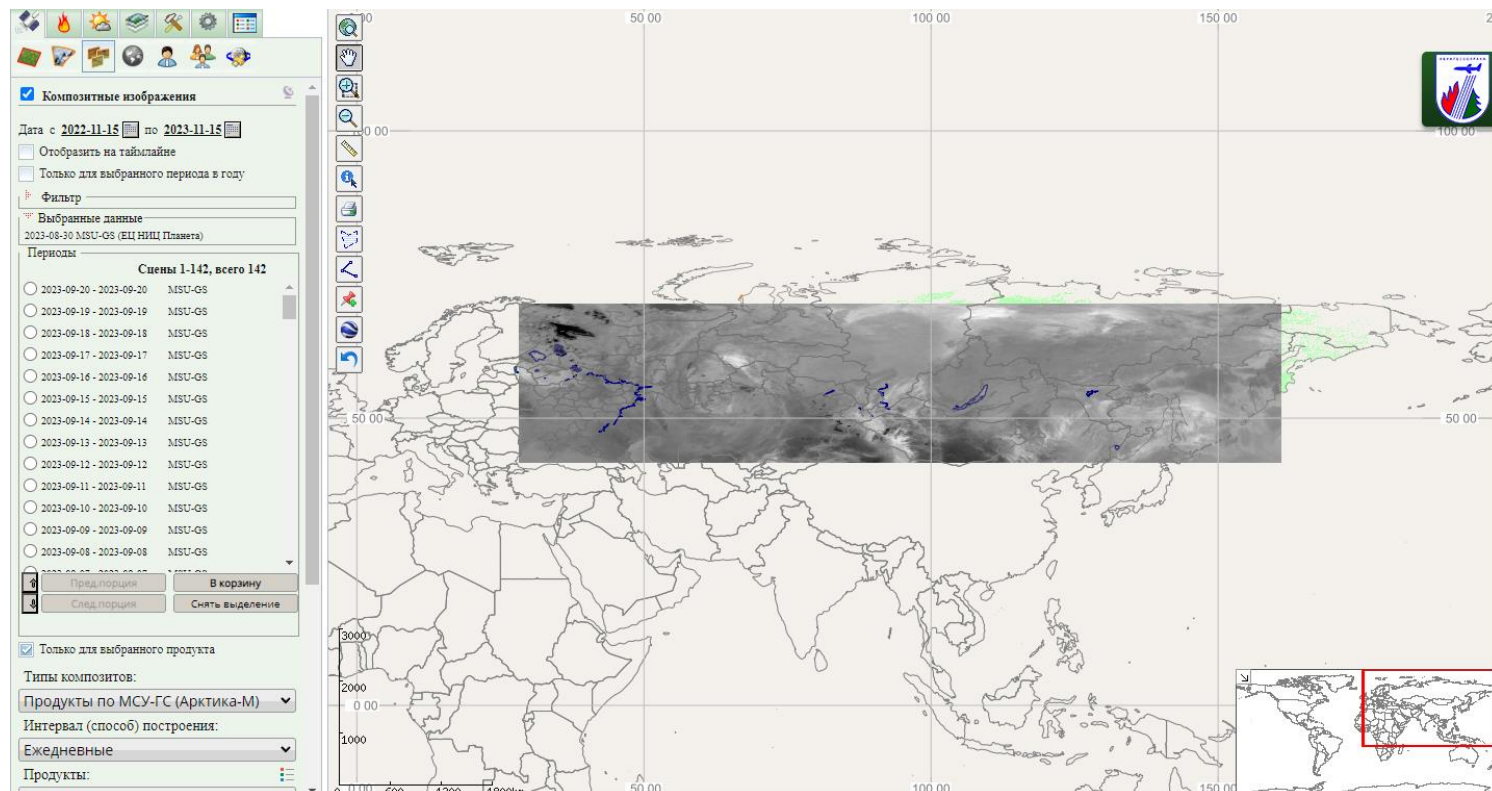
Данные были взяты из Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), обеспечивающей мониторинг пожаров на всей территории Российской Федерации.

Был подготовлен набор данных для проведения количественной оценки:

- Композитные изображения на основе данных прибора МСУ-ГС/ВЭ за сутки.
- Векторные данные суточных горения разбиты по классам

# Композитные изображения

Для проведения количественной оценки на основе канальных данных (канал 3.7 мкм) прибора МСУ-ГС/ВЭ были построены ежедневные композитные изображения на территорию Российской Федерации в пожароопасный сезон 2023 года. В каждой точке таких композитных изображений содержалась информация о максимальной температуре за сутки в канале прибора.



## *Классификация суточных зон горения*

Для проведения оценки было выбрано 5567 зон горения различной площади, детектированных за период с 1 июля по 17 сентября 2023 года.

Для анализа векторные данные были разбиты на следующие классы по дневной площади горения в Га:

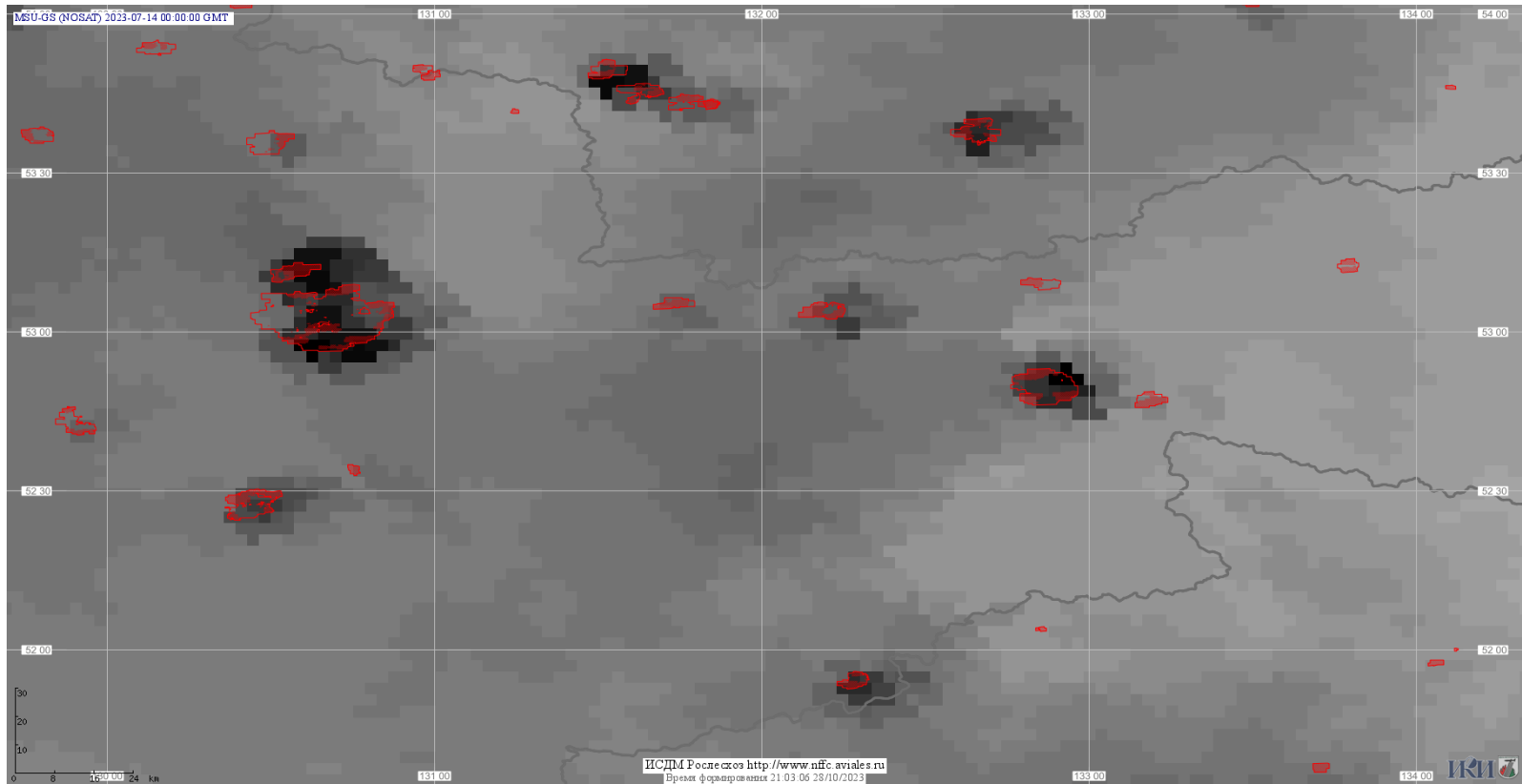
1. До 100 Га
2. 100 – 500 Га
3. 500 – 1500 Га
4. 1500 – 2500 Га
5. 2500 – 3500 Га
6. 3500 – 5000 Га
7. Более 5000 Га

## Анализ данных

Для всех выбранных пожаров был проведен анализ соответствующих построенных карт максимальных температур. В случае, если на карте в районе анализируемого пожара визуально наблюдалась явная тепловая аномалия, считалось, что анализируемый пожар потенциально мог бы быть детектирован на основе данных прибора МСУ-ГС/ВЭ. На основе полученной информации для каждой из выбранных групп пожаров с различной площадью суточного прироста горения была оценена вероятность обнаружения пожаров данной группы.

Отметим, что потенциально зоны горения на картах максимальных суточных температур могут существенно превосходить по площади зоны горения, детектированные ИСДМ-Рослесхоз. Это, в том числе, может быть связано как с более низким разрешением прибора МСУ-ГС/ВЭ, чем разрешение приборов, данные которых используются в ИСДМ-Рослесхоз, так и с некоторыми ошибками в автоматической привязке данных МСУ-ГС/ВЭ.

## Пример сопоставления данных



Пример совмещения ежедневной карты максимальных температур, наблюдавшихся в канале 3,5–4 мкм прибора МСУ-ГС/ВЭ 14.07.2023, и данных о детектированных ИСДМ-Рослесхоз участках горения за сутки 14.07.2023



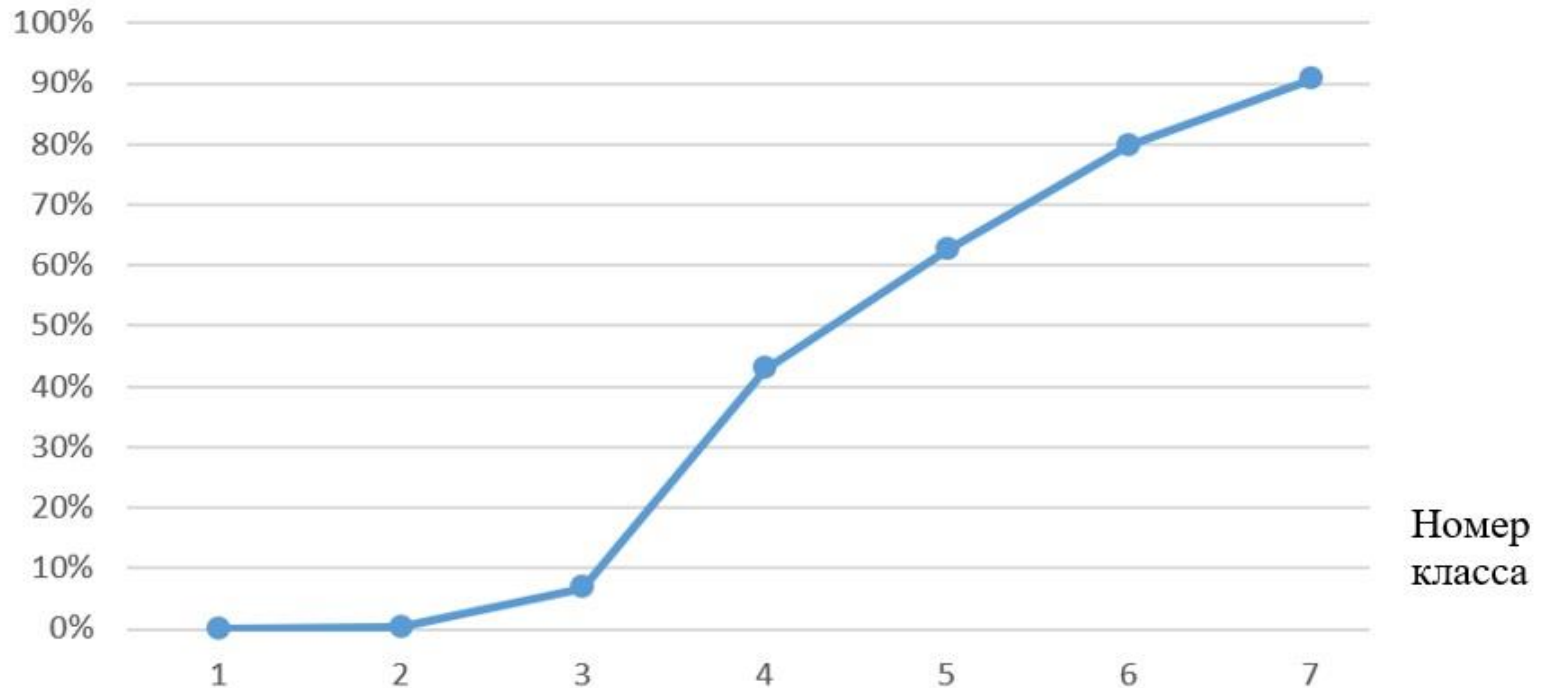
## Вероятность обнаружения различных пожаров

Суточный прирост, Га	До 100 включитель но	101–500	501– 1500	1501– 2500	2501– 3500	3501– 5000	Более 5000
Номер класса	1	2	3	4	5	6	7
Общее число зон горения	2262	1896	796	42	181	178	212
В том числе детектированных	0	4	54	18	113	142	192
Процент детектированных зон горения	0 %	0 %	7 %	43 %	62 %	80 %	91 %

Результаты оценки вероятности наблюдения очагов горения различной площади по данным прибора МСУ-ГС/ВЭ

## Вероятность обнаружения различных пожаров

Значение  
вероятности



- . Зависимость вероятности наблюдения очагов горения различной площади по данным прибора МСУ-ГС/ВЭ от площади суточной зоны горения

## ***Количественная оценка. Вывод***

- Низкое пространственное разрешение ограничивает возможности прибора по обнаружению и мониторингу пожаров*
- Вероятность обнаружения небольших пожаров по данным прибора МСУ-ГС/ВЭ фактически равна 0.
- Зоны горения выше 3500 Га потенциально могут быть достаточно уверенно детектироваться на основе информации ВГКС «Арктика-М»
- Проанализировав пожары различной площади горения можно предположить, что создание специальных алгоритмов детектирования горения по данным прибора МСУ-ГС/ВЭ может потенциально позволить повысить вероятность детектирования зон горения и меньшей площади (от 1500 Га)

## ***Дополнительный анализ данных***

Дополнительно проведенный анализ ситуаций возникающих пожаров показывает, что в ряде случаев, в силу больших перерывов между пролетами низкоорбитальных спутниковых систем, ВГКС «Арктика-М» может давать подтверждающую информацию о развитии пожаров и на ранних стадиях.

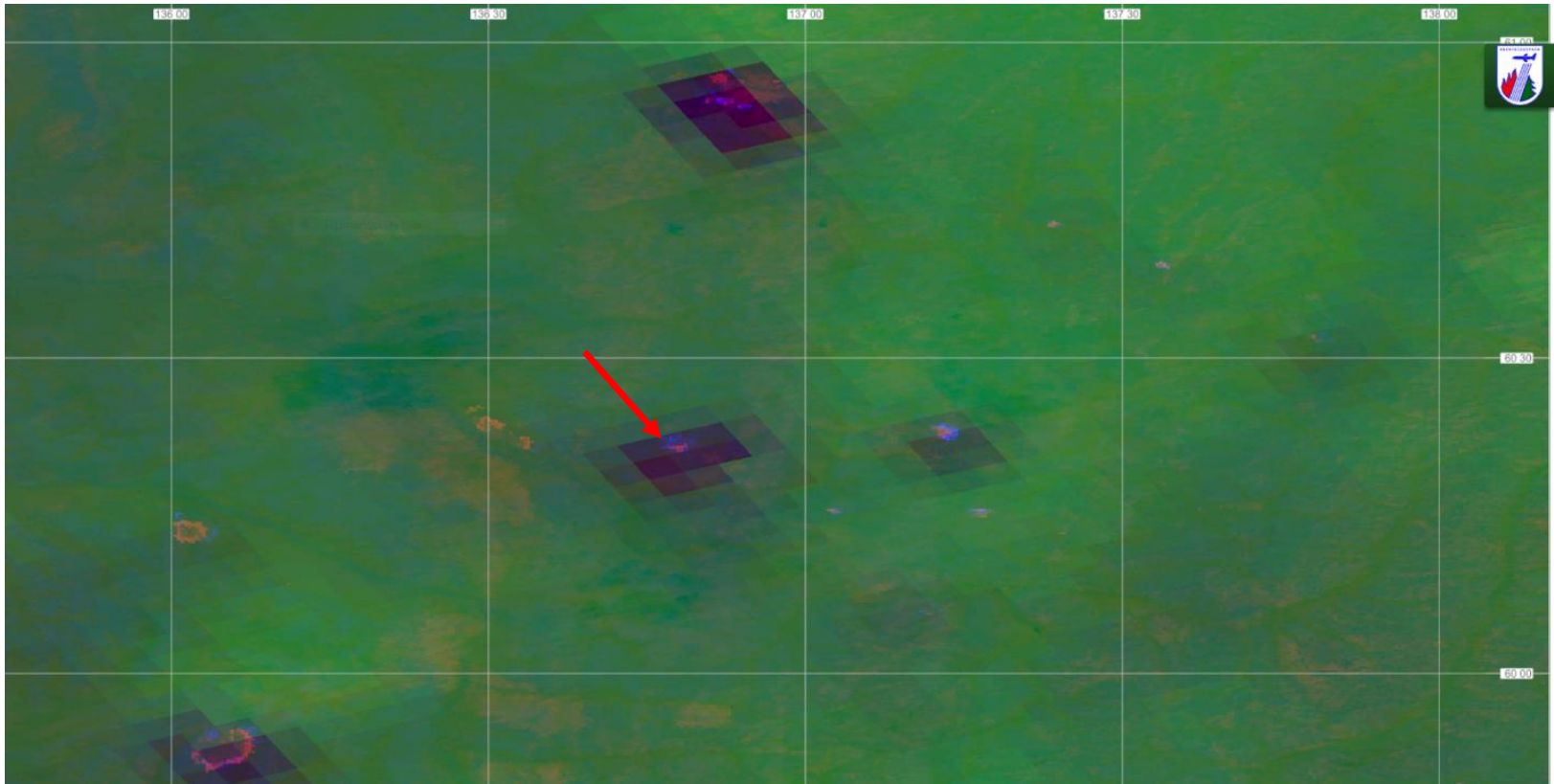
В качестве примера такой ситуации был рассмотрен в том числе пожар «к-457», детектируемый в ИСДМ-Рослесхоз в Республика Саха (Якутия).

Данный пожар был впервые обнаружен в 2 часа утра низкоорбитальным спутником, после чего наблюдался до 5 часов утра. Затем следующее его наблюдение, полученное по данным низкоорбитальных спутников, было только в 16.

В то же время в районе 10 GMT данный пожар начал наблюдаться ВГКС «Арктика-М» № 1 (только в это время спутник включил режим наблюдения) и до 16 GMT получил данные о пожаре 24 раза.

Таким образом, на рассматриваемом участке времени вновь возникший пожар наблюдался практически непрерывно. Потенциально на основе подобных серий наблюдений может, в частности, формироваться информация о характере развития пожара, которая будет достаточно важна для оперативного принятия решений по оптимальной реакции на его возникновение.

## Пример анализа данных



Цветосинтезированное изображение по данным наблюдений в спектральных каналах в районе 3,7 мкм за 30.06.2023: канал Red (R) — VIIRS 2:21 GMT, канал Green (G) — МСУ-ГС/ВЭ 10:30 GMT, канал Blue (B) — VIIRS. Красные и синие участки — тепловые аномалии на данных VIIRS, темные участки — тепловые аномалии на данных МСУ-ГС/ВЭ. Стрелка указывает на пожар к-457 (Республика Саха (Якутия))

## ***Заключение***

- ✓ *Был проведен комплексный анализ данных прибора МСУ-ГС/ВЭ КА «Арктика-М» №1 в пожароопасном сезоне 2023 года.*
- ✓ Низкое разрешение прибора затрудняет детектирования небольших пожаров.
- ✓ Крупные пожары обнаруживаются прибором с высокой вероятностью.
- ✓ За счет фактически непрерывного наблюдения регионов, группировка «Арктика-М» обладает потенциалом контроля действующих пожаров.
- ✓ Таким образом, прибор МСУ-ГС/ВЭ позволяет увидеть зоны горения, и потенциально для него могут быть построены алгоритмы их детектирования.

Поэтому следует считать целесообразным разработку методов анализа природных пожаров на основе информации, поступающей с данной системы. Видимо, основным направлением развития данных методов должно быть создание подходов, использующих возможности практически непрерывного наблюдения пожаров для оценки их состояния и оперативного прогнозирования развития.

## Поддержка исследования

- Исследование осуществлено при поддержке КГАУ «Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках проекта «Цифровая импортозамещающая технология обнаружения лесных пожаров на основе использования уникальной российской спутниковой группировки «Арктика-М» с последующей интеграцией с системой ИСДМ-Рослесхоз» № 2023031409613.
- Работы поддержаны из средств гранта в форме субсидии НОЦ «Енисейская Сибирь» № 075-15-2023-620 от 29 августа 2023 года. Подготовка и формирование специальных наборов данных, используемых для выполнения работы, осуществлялась с использованием возможностей ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019), развиваемого и поддерживаемого в рамках темы «Мониторинг» Минобрнауки (госрегистрация № 122042500031-8).

*Спасибо за внимание!*

