



**ДВАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"**

**(Физические основы, методы и технологии мониторинга  
окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)**

**Гордо К.А, Воронова О.С., Зима А.Л.**

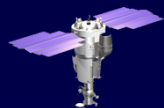
**АНАЛИЗ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ И  
ЭМИССИЙ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ И АЭРОЗОЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ  
РОССИИ ПО КОСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

**Научно-исследовательский институт аэрокосмического  
мониторинга «АЭРОКОСМОС»**

**Россия, г. Москва, Гороховский пер., д.4, 105064**

**Тел.: 632-16-54, тел./факс: 632-11-78; E-mail:**

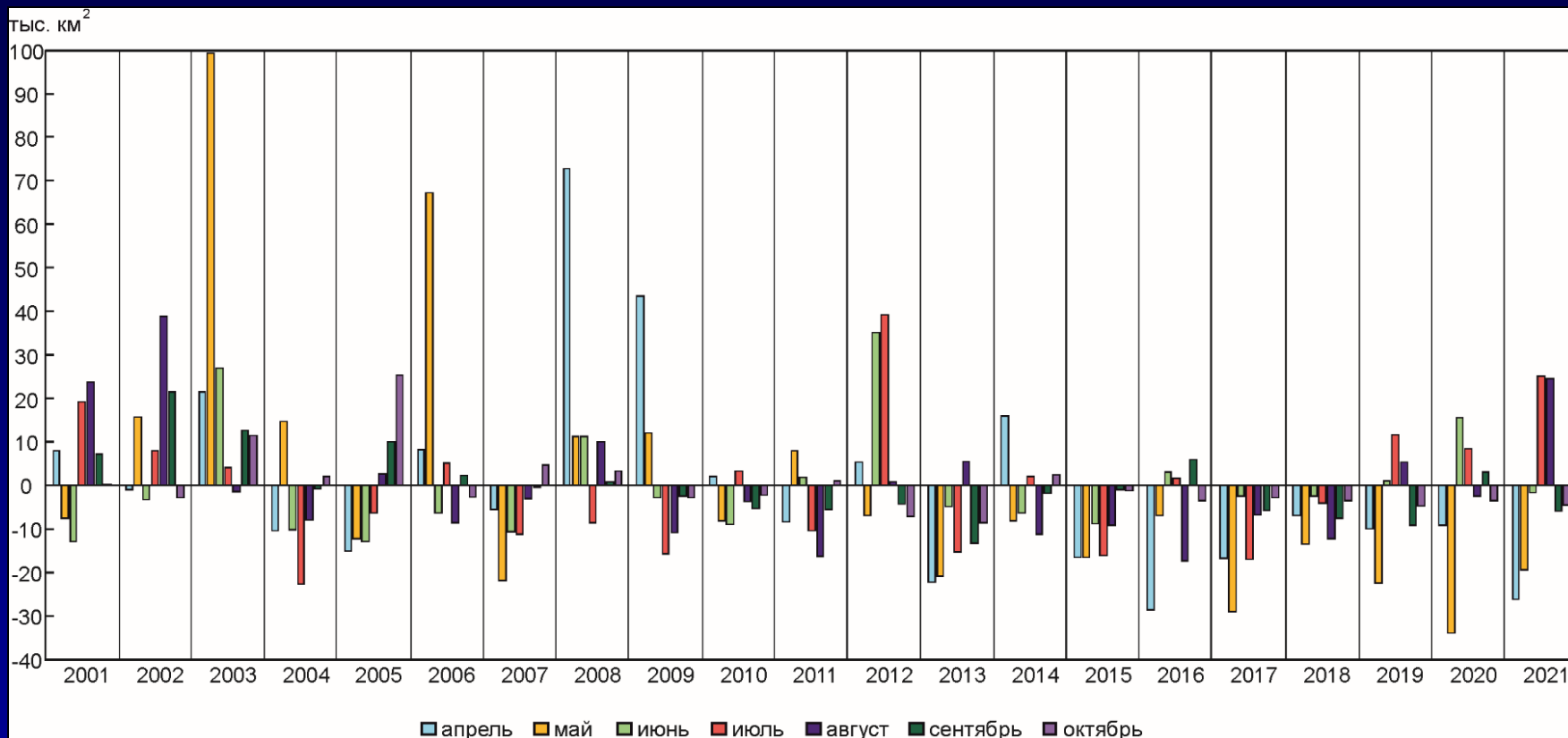
**office@aerocosmos.info**



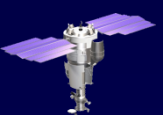
# РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ПЕРИОД ВРЕМЕНИ С 2001 ПО 2021 ГГ.



Отклонения ежемесячных значений площадей, пройденных огнем за пожароопасный период по сравнению с данными за соответствующий месяц для других лет с 2001 по 2021 гг. на территории России



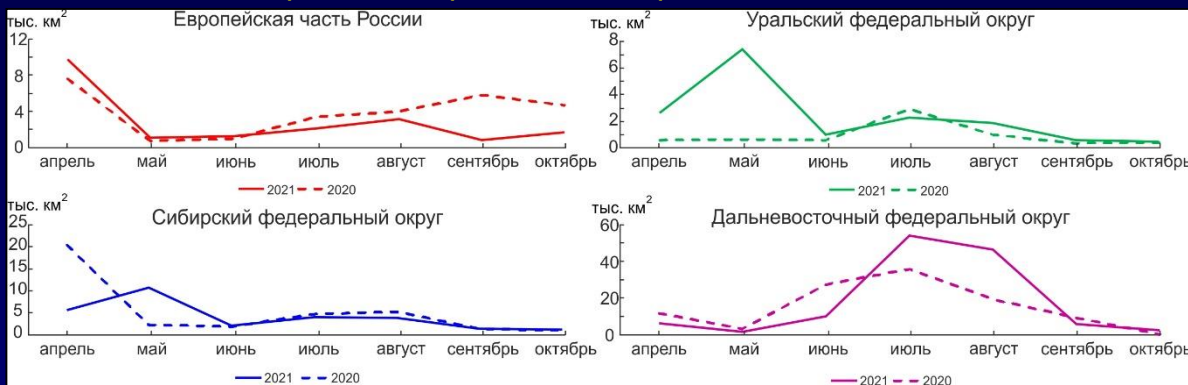
В период с 2013 по 2018 г. на территории России выявлена тенденция к снижению площадей, пройденных огнем относительно других лет с апреля по октябрь. В июле 2019 г. выявлены превышения суммарных ежемесячных значений площадей, пройденных огнем на 11.5 тыс. км<sup>2</sup> по сравнению с данными других лет. В июне 2020 г. суммарные значения площадей, пройденных огнем, увеличились на 15.4 тыс. км<sup>2</sup> в сравнении с июнем других лет в период с 2001 по 2021 гг. В июле и августе 2021 г. значения площадей природных пожаров на территории России превысили среднемесячные значения тех же месяцев периода 2001–2021 гг. на 25 и 24.5 тыс. км<sup>2</sup> соответственно.



# РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПЛОЩАДЕЙ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ



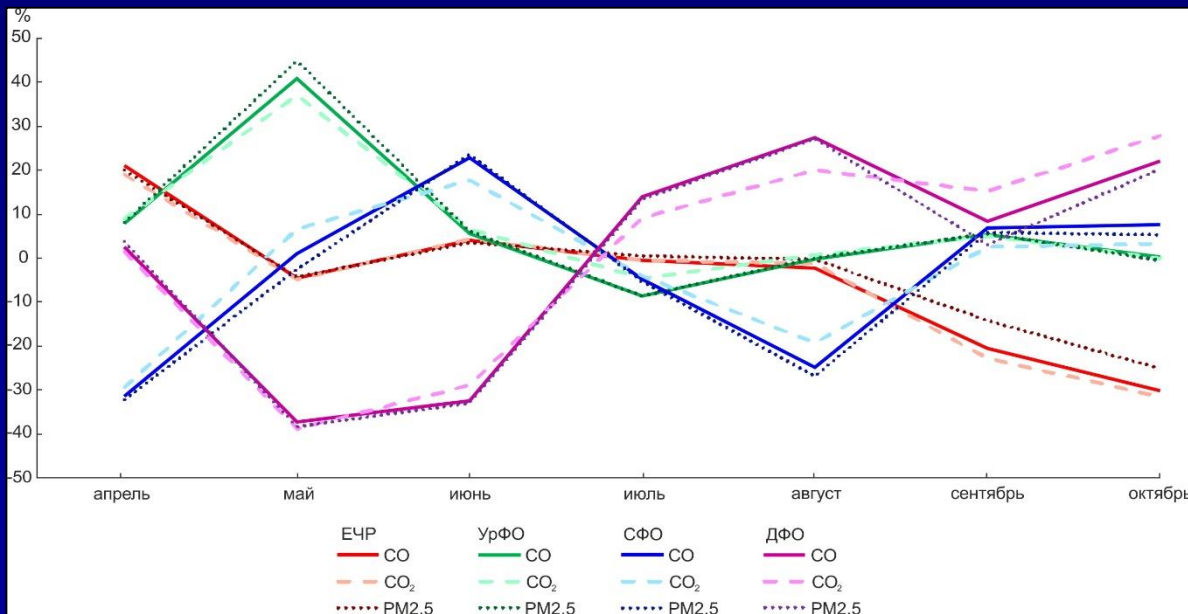
Площадь, пройденная огнем на территории крупных регионов в период апрель-октябрь 2021 г. по сравнению с 2020 г.



Анализ результатов показал, что по сравнению с 2020 г. площадь, пройденная огнем в 2021 г. увеличилась:

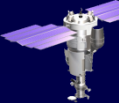
- в апреле на территории ЕЧР (на 2.1 тыс. км<sup>2</sup>),
- в мае на территории УрФО (на 6.7 тыс. км<sup>2</sup>) и СФО (на 8.4 тыс. км<sup>2</sup>),
- в июле и августе в районе ДФО (на 18.4 тыс. км<sup>2</sup> и 27 тыс. км<sup>2</sup> соответственно).

Распределение вклада регионов ЕЧР, УрФО, СФО и ДФО в общероссийские эмиссии CO, CO<sub>2</sub>, PM2.5 в 2021 г. по сравнению с 2020 г.



Анализ результатов показал, что в апреле 2021 г. вклад эмиссий на территории СФО в ежегодные общие выбросы снизился на 32%, в ЕЧР в 2021 г. произошло увеличение вклада эмиссий в общие по стране на 21%. В мае 2021 г. на территории УрФО были зафиксированы сильные природные пожары, вклад эмиссий вырос на 44.9%.

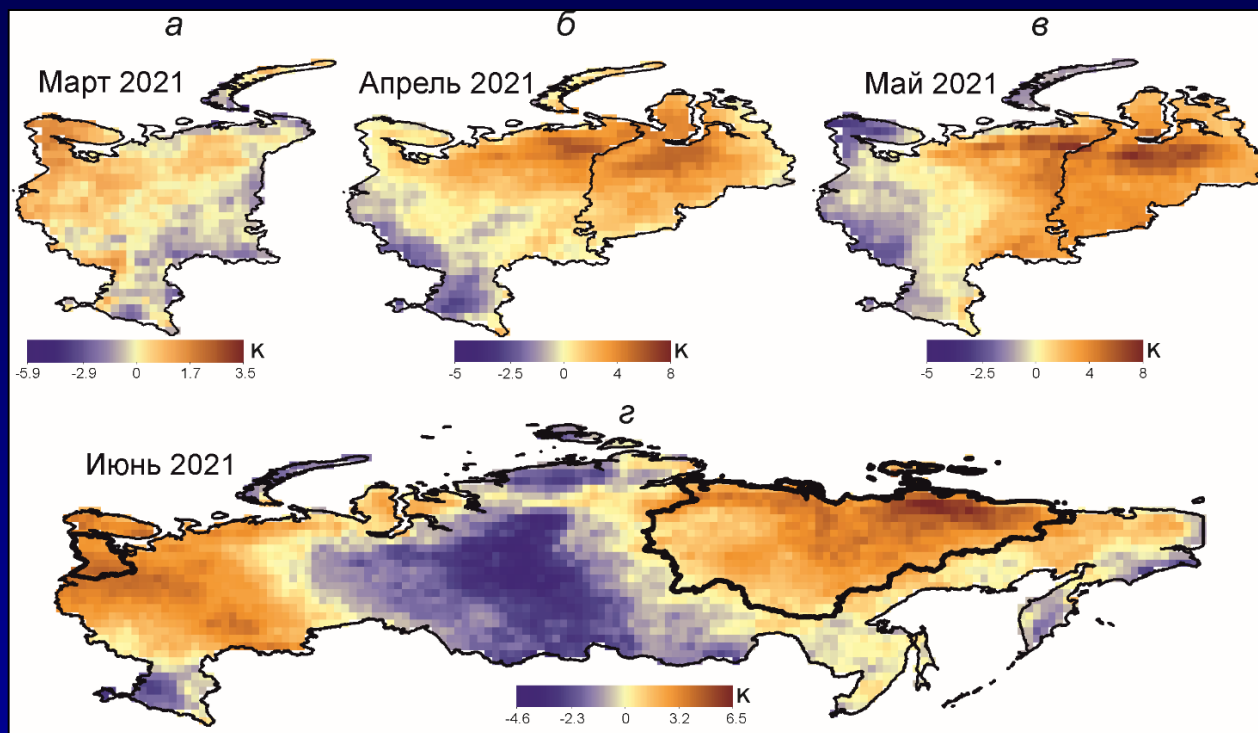
Для территории СФО характерна тенденция к снижению объемов эмиссий, исключением стал июнь, когда вклад объемов выбросов CO, CO<sub>2</sub>, PM2.5 в общероссийские вырос на 23.5%. Вклад CO<sub>2</sub> на территории ДФО, в общероссийские объемы выбросов с июля по октябрь возрос на 9–28%, а объемов эмиссий CO и PM2.5 на 2–27.4% в сравнении с 2020 г.



# ИССЛЕДОВАНИЯ ЕЖЕМЕСЯЧНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ПОЖАРООПАСНЫЕ ПЕРИОДЫ С 2003 ПО 2021 ГГ.



Аномалия температуры земной поверхности (К) в 2021 г. по сравнению со средними температурами того же месяца в период времени 2003-2020 гг.



а – Европейская часть России;

б, в – Европейская часть России и Уральский федеральный округ;

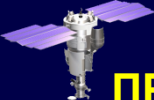
г – территория России с выделенными областями республики Карелия и Республики Саха (Якутия)

В марте-апреле 2021 г. на территории ЕЧР превышения многолетних значений температур доходили до 3.5-4 К. Температурная аномалия способствовала возникновению пожаров в апреле 2021 г. на территории ЕЧР.

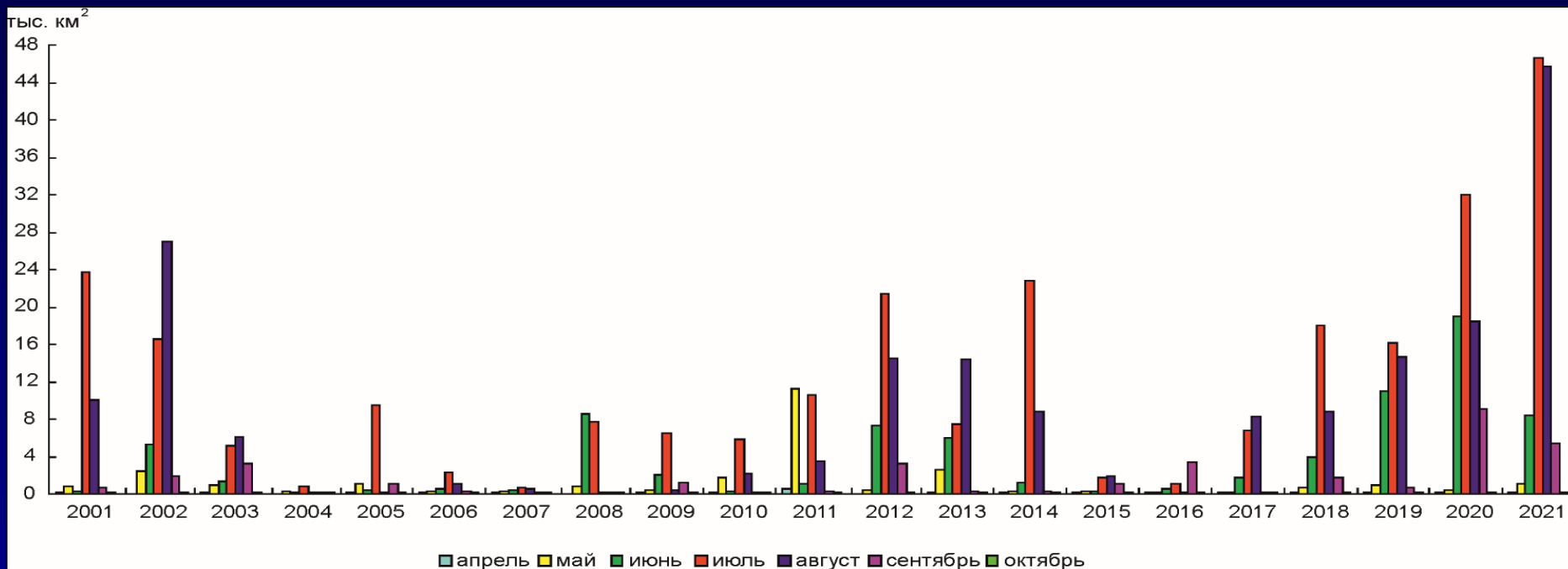
В апреле-мае 2021 г. на территории УрФО превышения температур достигали 7–8 К. Повышение температур в апреле содействовало возникновению сильных пожаров в мае 2021 г. на территории УрФО.

В июне 2021 г. на территории ЕЧР и ДФО выявлены аномалии температуры земной поверхности. В связи с засушливой погодой в июне 2021 г. в республике Карелия, в июле 2021 г. были зафиксированы интенсивные природные пожары.

Аномальные температуры в июне 2021 г. на территории ДФО, способствовали усилению пожароопасной ситуации, что привело к увеличению площадей, действующих пожаров, а также нарастанию их в июле и августе 2021 г.



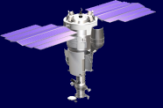
# ПЛОЩАДИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ ПО ДАННЫМ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОДУКТА MOD14 НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) С АПРЕЛЯ ПО ОКТЯБРЬ 2001-2021 ГГ.



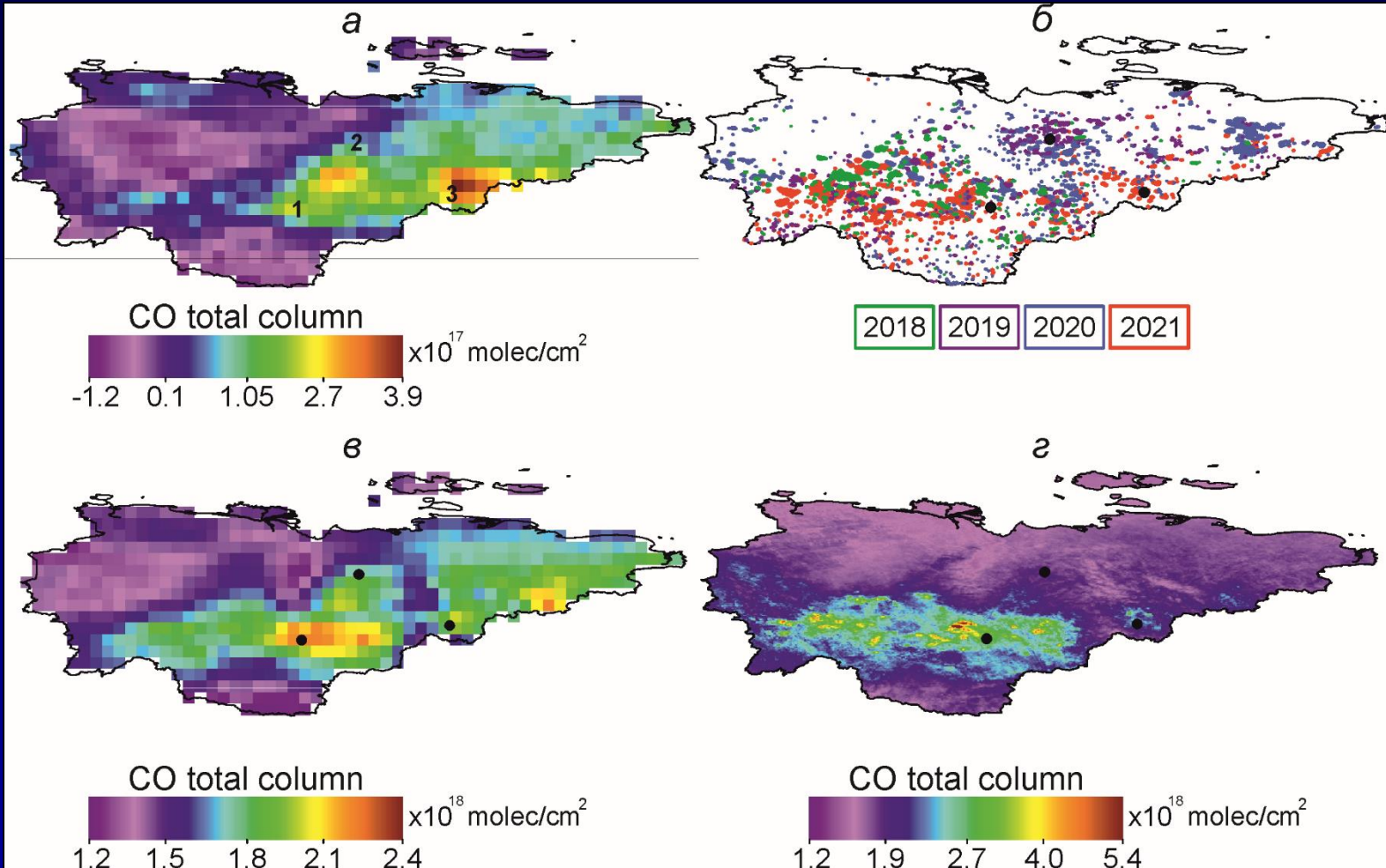
В июле и августе 2021 г. воздействию природных пожаров сильнее всего подверглась территория республики Саха (Якутия), на которой зафиксированы наиболее высокие значения площадей, пройденных огнем в июле и августе 2021 г. за всю историю спутниковых наблюдений с использованием аппаратуры MODIS (спутники Terra/Aqua) с 2001 г.

Республика Саха (Якутия) входит в состав ДФО, обладает наибольшей площадью лесного покрова среди всех субъектов Российской Федерации и на территории которой наблюдается высокая частота природных пожаров. Пожары на территории Якутии вызывают различные локальные воздействия как загрязнение воздуха, так и влияют на глобальное изменение климата.

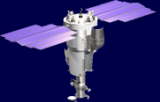




# ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА (CO) НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)



- а – превышение содержания оксида углерода (CO) в июле 2021 г. (по сравнению с 2018-2020 гг.), где 1 - Якутск, 2 - Верхоянск, 3 - Оймякон;
- б – пространственное распределение площадей, пройденных огнем в июле 2018-2021 гг.;
- в – содержание CO по данным Aqua (AIRS) в июле 2021 г.;
- г – содержание CO по данным Sentinel-5P (TROPOMI) в июле 2021 г.



# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ СО НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В ИЮЛЕ 2021 Г.



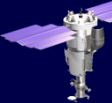
Анализ результатов превышения концентраций оксида углерода на территории республики Саха (Якутия) показал, что на территории Якутии в июле месяце с 2018 по 2021 гг. природные пожары носили аномально высокий характер.

Выделено три зоны аномального превышения концентраций СО. Наибольшее превышение концентрации СО над территорией Оймяконского улуса (район) в июле 2021 г. составило на  $3.9 \times 10^{17}$  molec/cm<sup>2</sup> по сравнению с 2018–2020 гг. Причиной этого явились интенсивные природные пожары, не происходившие в данной области в период с 2018–2020 гг. Территория Верхоянского района и Якутской области также попала в зону превышающих концентраций по сравнению с июлем 2018–2020 гг.

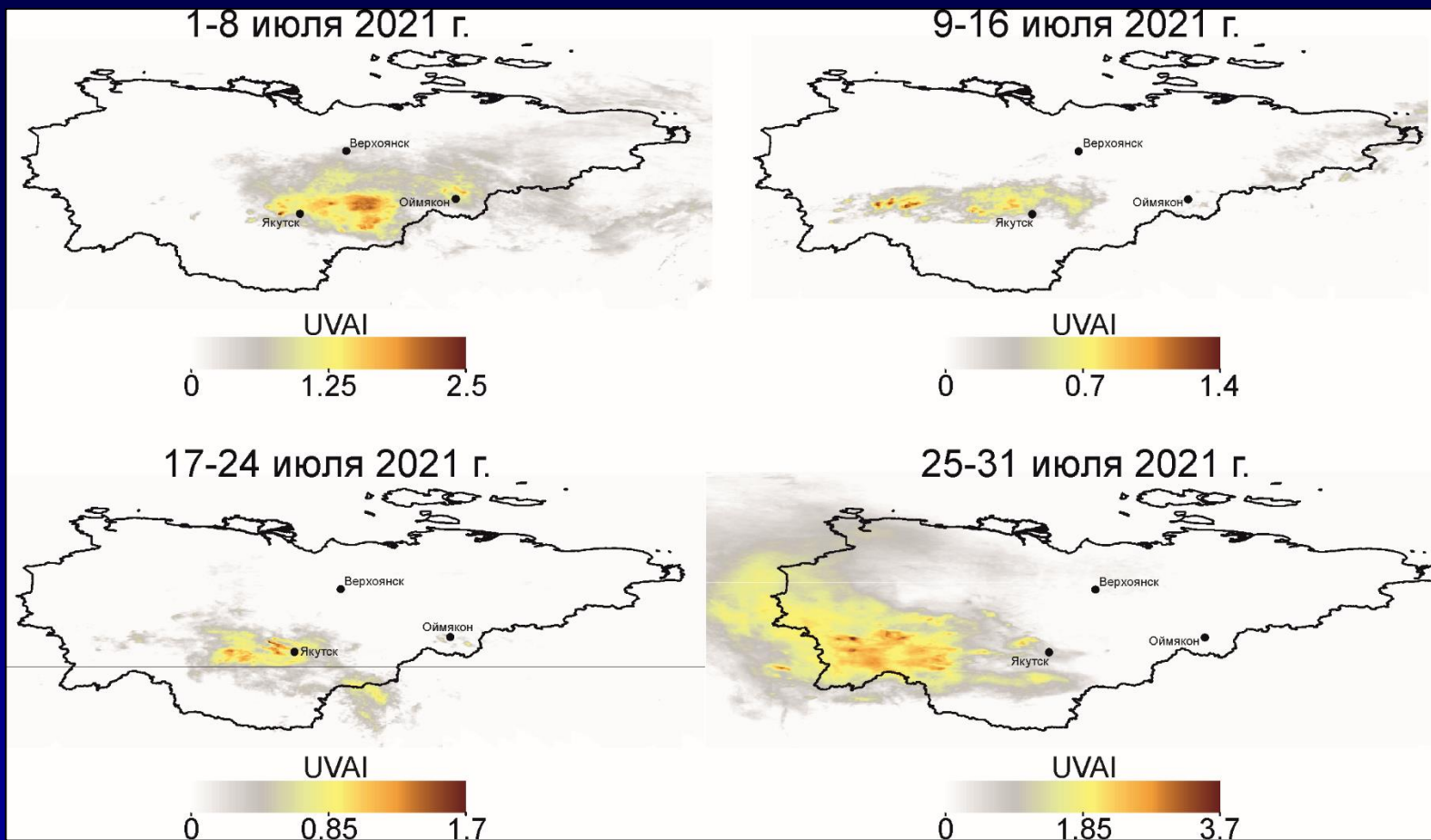
Анализ результатов пространственного распределения площадей, пройденных огнем, построенного по данным MOD14 (Terra/Aqua), показал, что в июле 2021 г. на исследуемой территории площадь, пройденная огнем, достигла аномальных значений (46.6 тыс. км<sup>2</sup>) и явилась причиной увеличенного выброса СО.

Анализ общего содержания оксида углерода, полученного по данным прибора AIRS и прибора TROPOMI продемонстрировал различную чувствительность к их изменениям от сжигания биомассы в июле 2021 г. Например, над территорией Оймякона, по данным AIRS значения концентрации СО доходили до  $2 \times 10^{18}$  molec/cm<sup>2</sup>, а по данным TROPOMI общее содержание СО в тропосфере не превышало  $2.6 \times 10^{18}$  molec/cm<sup>2</sup>. В то же время значения концентраций СО над территорией Верхоянского района по данным AIRS были наоборот выше, чем по данным TROPOMI. Минимальное количество природных пожаров в июле 2021 г., зарегистрированных в Верхоянском районе, позволяет сделать вывод о том, что высокие значения концентраций СО не связаны со сжиганием биомассы в данном районе, а вероятно связано с ошибками в алгоритме восстановления данных прибора AIRS.

Различия в данных об общем содержании СО, полученные с помощью приборов AIRS и TROPOMI, требуют более детального изучения с применением результатов численного моделирования и данных наземных наблюдений для исключения ложных аномалий.



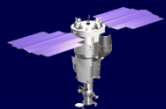
# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕСУТОЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ АЭРОЗОЛЬНОГО ИНДЕКСА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В ИЮЛЕ 2021 Г. ПО ДАННЫМ SENTINEL-5P (TROPOMI)



Повышенные значения AI сохранялись на протяжении всего месяца пожарной активности в данном регионе, а в период с 25 по 31 июля 2021 г. достигли максимальных 3.7.

Анализ изменения AI на территории республики Саха (Якутия) показал, что крупномасштабные природные пожары являлись основным фактором, определяющим пространственное и временное распределение индекса аэрозоля. Крупномасштабные природные пожары приводят к массовому загрязнению воздуха с высокими значениями AI, что означает высокое содержание вредных для окружающей среды и здоровья человека веществ в атмосфере.





## ВЫВОДЫ



В настоящей работе:

- Проанализированы пространственные распределения очагов возгорания, площади, пройденные огнем, и объемы эмиссий углеродсодержащих газов от них на территории России и ее отдельных регионов
- проведен анализ вклада объемов эмиссий CO, CO<sub>2</sub>, PM2.5, обусловленных сгоранием биомассы на территориях крупных регионов в статистику общероссийских выбросов
- проведен анализ изменений температур земной поверхности по данным, полученным прибором AIRS (спутник Aqua)
- выполнен сравнительный анализ данных общего содержания оксида углерода (CO), полученных с помощью приборов AIRS (спутник Aqua) и TROPOMI (спутник Sentinel-5P)

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности использования космических данных для оценки пространственно-временной динамики очагов возгорания, площадей, пройденных огнем, и объемов эмиссий вредных газов от природных пожаров, а также для проведения исследований изменения газового состава атмосферы в период распространения сильных пожаров и их влияния на климат планеты

Исследование при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Минобрнауки России в рамках соглашения №075–15–2020–776