



**ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

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

**(Физические основы, методы и технологии мониторинга  
окружающей среды, природных и антропогенных объектов)**

**Феоктистова Н.В., Зима А.Л.**

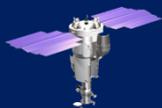
**ОЦЕНКА ЭМИССИЙ КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГАЗОВ И  
АЭРОЗОЛЕЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В  
РОССИИ С 2001 ПО 2024 ГОД ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

**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**



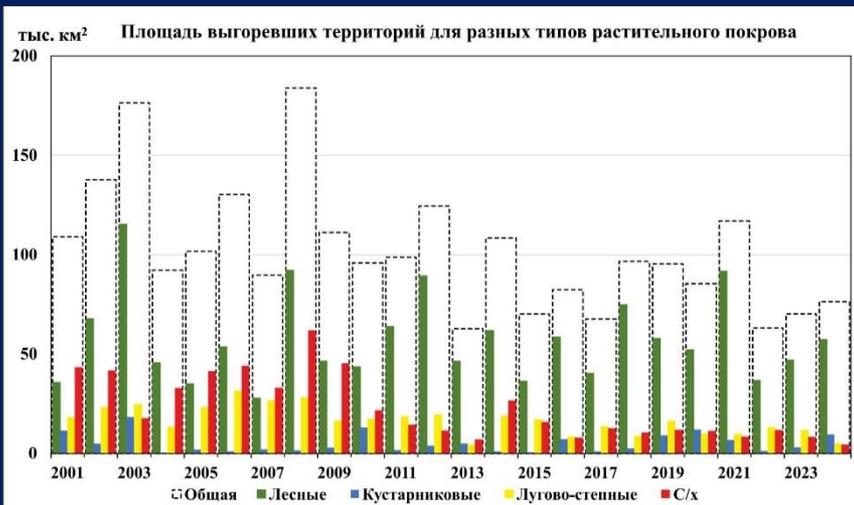
# РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ УЧАСТКОВ, ВЫГОРЕВШИХ ОТ ПОЖАРОВ ДЛЯ ВСЕЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ДАННЫМ MCD64A1 ЗА ПЕРИОД ВРЕМЕНИ С 2001 ПО 2024 ГОД



## Распределения по месяцам в пожароопасный период



## Распределения по типам пожаров



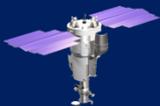
Наибольшие суммарные значения площадей, подвергшихся воздействию природных пожаров зафиксированы в 2002 г. (137.8 тыс. км<sup>2</sup>), 2003 г. (176.4 тыс. км<sup>2</sup>), 2008 г. (183.9 тыс. км<sup>2</sup>). Кроме этого, значительные площади природных пожаров выявлены также в 2006 г. (131 тыс. км<sup>2</sup>) и в 2012 г. (125.6 тыс. км<sup>2</sup>).

За последние десять лет рекордным по площади пожаров стал 2021 г. (117.0 тыс. км<sup>2</sup>), при этом площадь лесных пожаров за этот промежуток времени также была максимальной и составила 91.8 тыс. км<sup>2</sup>. Среднее значение ежегодных выгоревших площадей при всех типах природных пожаров за 24-летний период на всей территории России составил 102.6 тыс. км<sup>2</sup>.

Доля площадей, выгоравших в конце пожароопасного сезона (октябрь) на всей территории страны, была незначительной, в отличие от весенних месяцев (апрель, май), на которые приходилась значительная доля площадей, пройденных огнем за год, а в некоторые годы (2003, 2004, 2006, 2008, 2018 и 2023) около половины площадей пожаров.

Такие высокие значения площадей выгоревших участков на всей территории России в весенние месяцы обусловлены, как правило, весенними палами травы на сельскохозяйственных угодьях и лугово-степными пожарами. В 2001–2009 гг. зафиксированы значительные площади пожаров на сельскохозяйственных угодьях. Исключением стал 2003 г., когда большая доля площадей пожаров приходилась на май месяц и при этом преобладали лесные пожары.

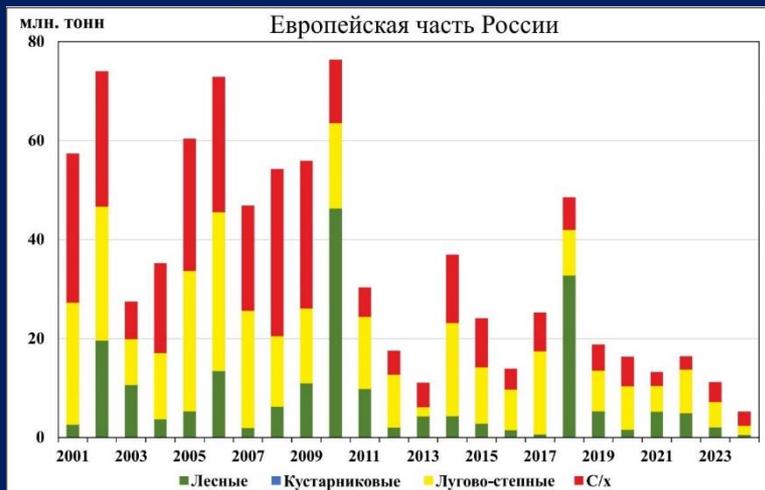
\*Данные за 2024 год представлены без учета осенних месяцев



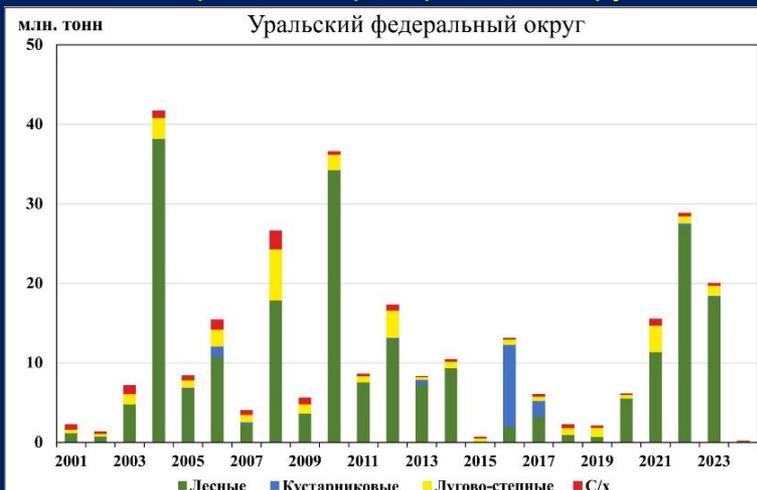
# ОЦЕНКИ ЕЖЕГОДНЫХ СУММАРНЫХ ОБЪЕМОВ ЭМИССИЙ УГЛЕРОДОСодЕРЖАЩИХ ГАЗОВ CO<sub>2</sub>, CO И CH<sub>4</sub> ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЖАРОВ ДЛЯ КРУПНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ



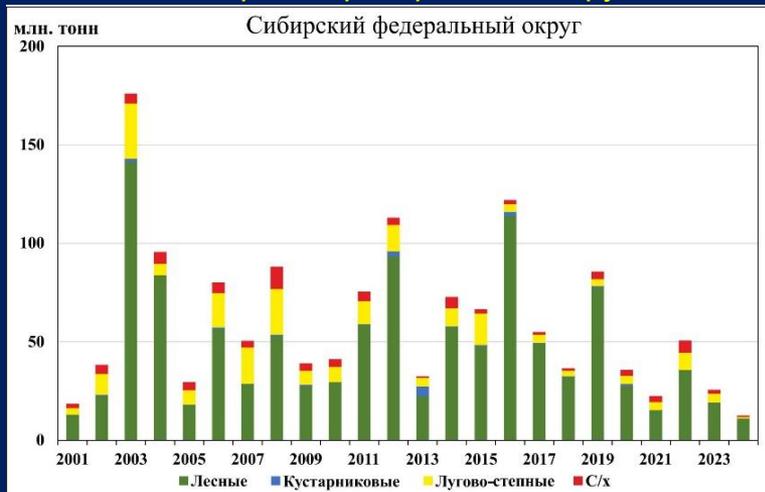
## Европейская часть России



## Уральский федеральный округ



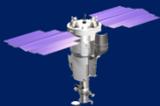
## Сибирский федеральный округ



## Дальневосточный федеральный округ



Разными цветами показаны вклады в суммарные объемы эмиссий углеродосодержащих климатически-активных газов при различных типах пожаров (лесных - зеленым, кустарниковых - синим, лугово-степных - желтым, сельскохозяйственных - красным)



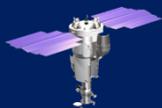
# АНАЛИЗ ВКЛАДА ЕЖЕГОДНЫХ СУММАРНЫХ ОБЪЁМОВ ЭМИССИЙ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ $\text{CO}_2$ , $\text{CO}$ И $\text{CH}_4$ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЖАРОВ ДЛЯ КРУПНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ



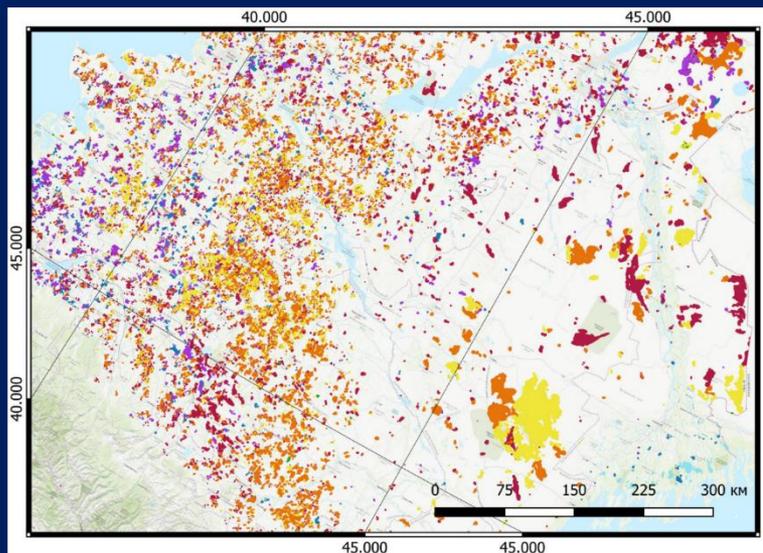
На территориях Уральского, Сибирского и Дальневосточного регионов России преобладали эмиссии климатически-активных углеродсодержащих газов от лесных пожаров. Начиная с 2015 г., на территории Дальневосточного федерального округа выявлена тенденция к росту объемов суммарных эмиссий углеродсодержащих газов, обусловленных лесными пожарами. Пиковые значения выявлены в 2024 г. на территории Дальневосточного федерального округа. На Европейской части территории России и на территории Сибирского Федерального округа проявлялась общая тенденция к снижению суммарных объёмов эмиссий климатически-активных углеродсодержащих газов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , и  $\text{CH}_4$  от всех анализируемых типов пожаров.

Кустарниковые пожары происходили, в основном, на территории Дальневосточного федерального округа, в зоне кустарниковой тундры, а на территории Уральского федерального округа кустарниковые пожары происходили только в 2006, 2013, 2016 и 2017 гг.

Распределения суммарных объемов эмиссий углеродсодержащих климатически-активных газов при различных типах пожаров, происходивших на Европейской части территории России, существенно отличаются от объемов таких эмиссий для территорий других Федеральных округов Российской Федерации. Основной вклад в эмиссии углеродсодержащих климатически-активных газов на Европейской части территории страны вносили лугово-степные пожары и сельскохозяйственные палы. Исключениями являлись 2010 и 2018 гг., когда на Европейской части территории России происходили аномальные лесные пожары. После 2010 г., объемы эмиссий углеродсодержащих климатически-активных газов на Европейской части территории страны от лугово-степных пожаров и сельскохозяйственных палов значительно снизились.

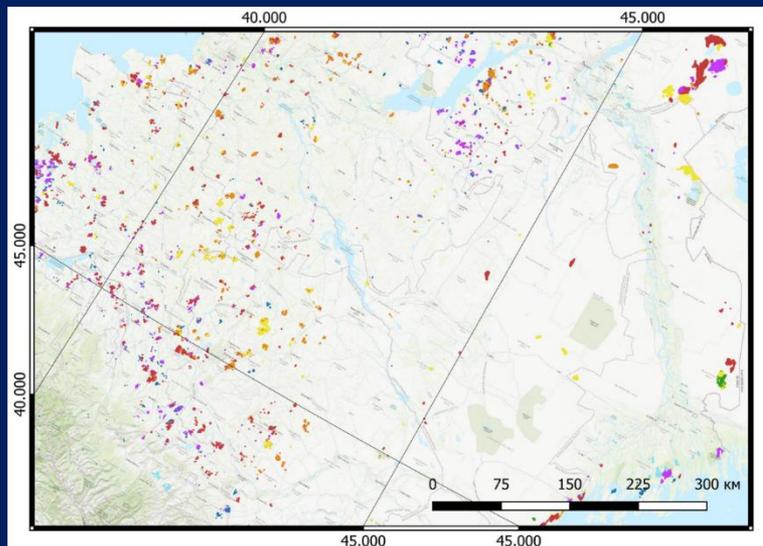


# ПРИМЕР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЛУГОВО-СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПАЛОВ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В РАЗЛИЧНЫЕ МЕСЯЦЫ 2006 И 2019 ГОДОВ



2006 г.

- апрель
- май
- июнь
- июль
- август
- сентябрь
- октябрь



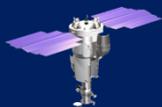
2019 г.

- апрель
- май
- июнь
- июль
- август
- сентябрь
- октябрь

Во все месяцы пожароопасного периода 2019 г. на востоке этого региона (в республике Калмыкии, Астраханской и Волгоградской областях) количество выгоревших участков от лугово-степных пожаров и сельскохозяйственных палов существенно меньше по сравнению с 2006 г.

На западе и юго-западе этого региона (на культивируемых землях Краснодарского, Ставропольского краев и Ростовской области) в пожароопасный период 2019 г. значительно уменьшились по сравнению с 2006 г. как размеры выгоревших участков в степной зоне, так и их количество при лугово-степных пожарах и сельскохозяйственных палах.

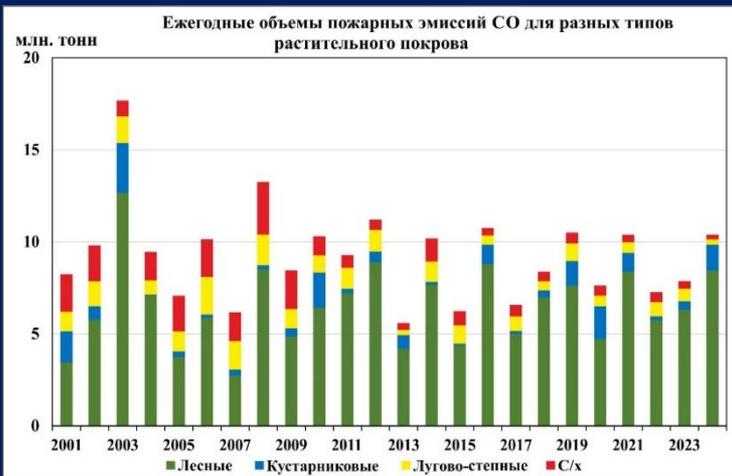
Снижение количества пожаров на юге Европейской части территории России может быть связано с усилением контроля за сельскохозяйственными палами, в том числе за сжиганием рисовой соломы. В период сжигания такой соломы в Краснодарском крае неоднократно вводился режим «черного неба». На эту проблему регулярно обращали внимание жители и экологические организации данного региона.



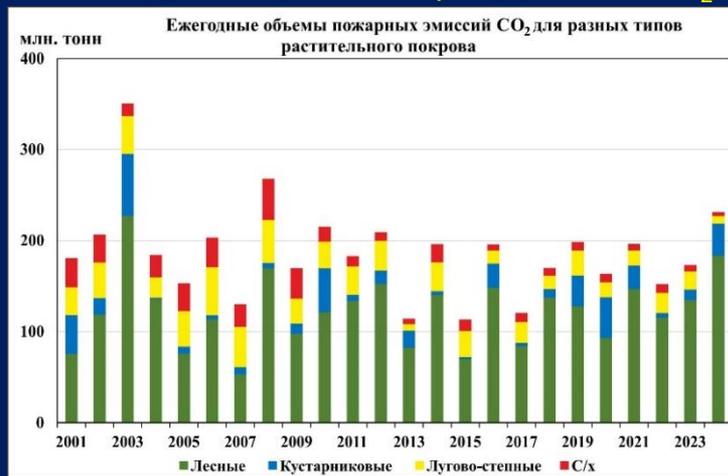
# ЕЖЕГОДНЫЕ ОБЪЕМЫ ЭМИССИЙ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> И МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ PM<sub>2.5</sub> ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ПОЖАРОВ НА ВСЕЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ



## Ежегодные объемы пожарных эмиссий CO



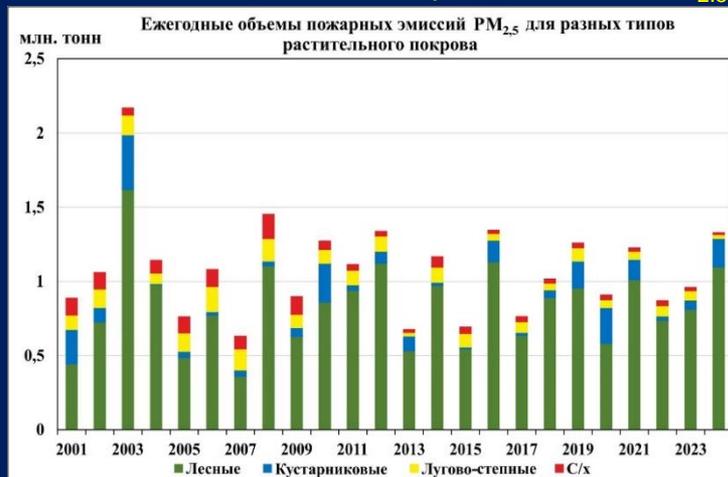
## Ежегодные объемы пожарных эмиссий CO<sub>2</sub>



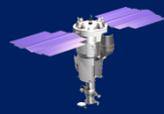
## Ежегодные объемы пожарных эмиссий CH<sub>4</sub>



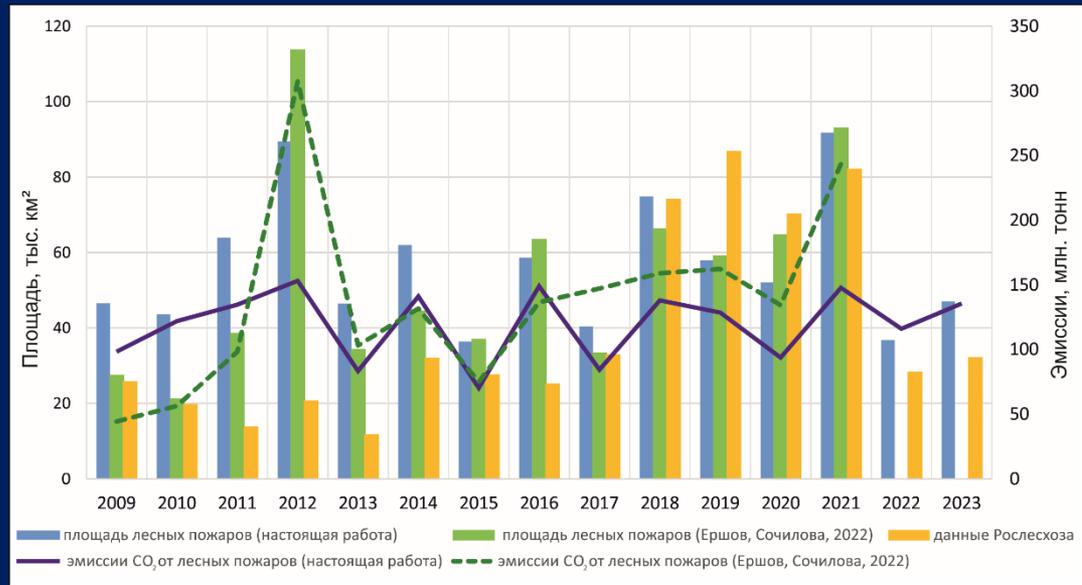
## Ежегодные объемы пожарных эмиссий PM<sub>2.5</sub>



Объемы эмиссий CO<sub>2</sub> существенно превышают объемы эмиссий других углеродсодержащих газов: CO в 20 раз; CH<sub>4</sub> почти в 220 раз. Основной вклад в ежегодные объемы пожарных эмиссий всех углеродсодержащих газов, а также аэрозолей вносили лесные пожары. В эмиссии метана CH<sub>4</sub> большой вклад вносили сельскохозяйственные палы, чем лугово-степные пожары.



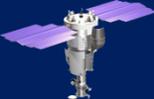
# СРАВНЕНИЕ ОЦЕНОК ПЛОЩАДЕЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И ГОДОВЫХ ОБЪЕМОВ ЭМИССИЙ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА CO<sub>2</sub>



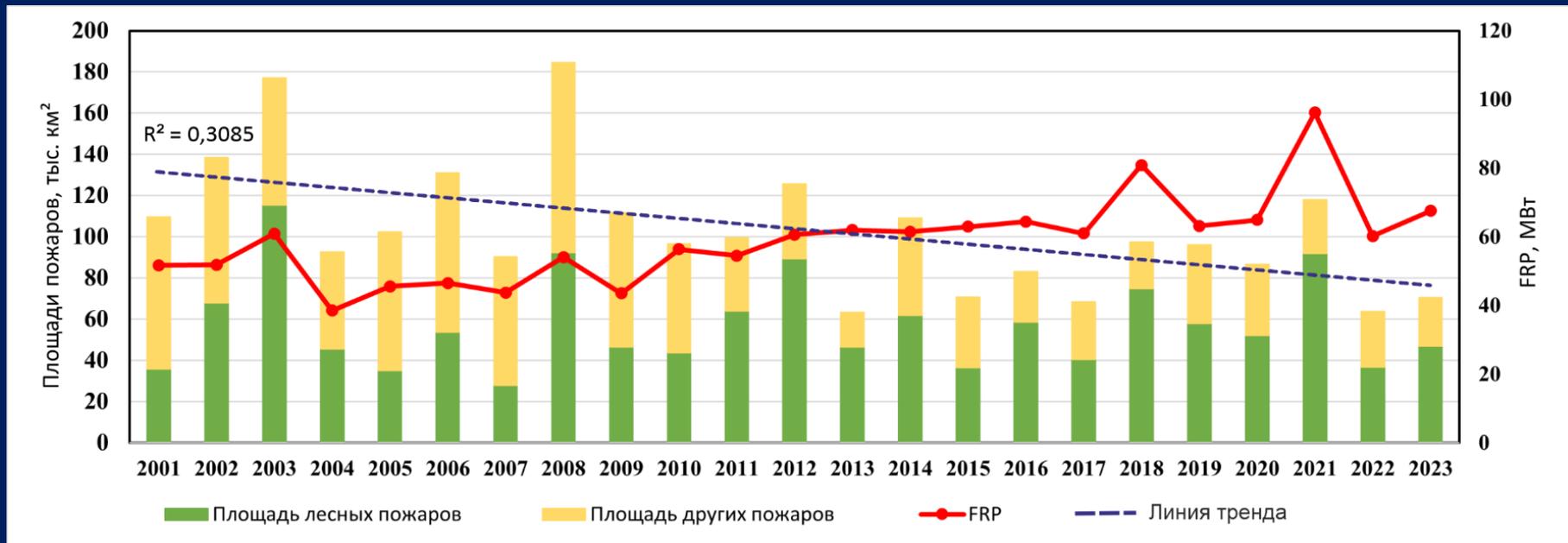
Сравнение ежегодных данных о площадях пожаров на землях лесного фонда, предоставляемых Рослесхозом с 2009-2023 гг. и данных, полученных в настоящем исследовании за этот период времени, а также в работе (Ершов, Сочилова, 2022) с 2009 г. по 2021 г. показало, что до 2017 г. оценки Рослесхоза были значительно ниже, чем в нашей работе и в работе (Ершов, Сочилова, 2022). Это связано с тем, что до 2017 г. в данных, предоставляемых Рослесхозом, учитывались только площади пожаров, происшедших на землях лесного фонда, где проводились меры по тушению лесных пожаров, а не на всей территории, где осуществлялся спутниковый мониторинг лесных пожаров.

- Площади лесных пожаров (синие столбцы) и годовые объемы эмиссий углекислого газа CO<sub>2</sub> (синяя линия) с 2009-2023 гг., полученные в настоящей работе;
- данные Рослесхоза о площадях лесных пожаров (желтые столбцы), за 2009 - 2023 гг.;
- данные о площадях лесных пожаров (зеленые столбцы) и объемах эмиссий CO<sub>2</sub> (зеленая пунктирная линия) с 2010-2020 гг., приведенные в работе (Ершов, Сочилова, 2022).

Оценки объемов эмиссий CO<sub>2</sub> от лесных пожаров, полученные нами (синяя линия) и в работе (Ершов, Сочилова, 2022) (зеленая пунктирная линия), практически совпадали для периода 2013 - 2016 гг. Во время экстремальных лесных пожаров в 2012 году оценки объемов пожарных эмиссий CO<sub>2</sub>, полученных в настоящей работе, были на 50% меньше, чем в работе (Ершов, Сочилова, 2022). В период времени с 2017 по 2021 годы оценки объемов пожарных эмиссий CO<sub>2</sub>, полученные в цитируемой работе были в целом выше на 13-42%, чем оценки, полученные в нашем исследовании.



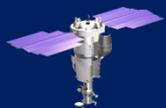
# ДИНАМИКА ЕЖЕГОДНЫХ ПЛОЩАДЕЙ, ПРОИСХОДИВШИХ НА ВСЕЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕЖЕГОДНЫХ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ РАДИАЦИОННОЙ МОЩНОСТИ ПОЖАРОВ (FRP) С 2001 ПО 2023 ГОДЫ



За период времени с 2001 по 2023 г. для всей территории России наблюдался умеренный линейный тренд на снижение площадей участков территорий, выгоревших при природных пожарах.

Сокращение общей площади пожаров в последние годы происходило за счет значительного сокращения сельскохозяйственных палов и лугово-степных пожаров, прежде всего в Европейской части территории России, а также сокращения площадей пожаров в Сибирском федеральном округе, приводящих к таким же тенденциям изменений объемов эмиссий углеродсодержащих газов. При этом, площадь лесных пожаров в 2021 г. была рекордной для данных, полученных после 2008 г., и составляла 91.8 тыс. км<sup>2</sup>.

В то же время ежегодные средние значения радиационной мощности пожаров FRP увеличивались с характерным растущим трендом. Это может быть связано с увеличением доли лесных пожаров в последние годы, прежде всего в Уральском и в Дальневосточном Федеральных округах, а также их большей интенсивностью.



## ВЫВОДЫ



В настоящей работе:

- исследуются различные типы природных пожаров, происходивших на всей территории РФ и территориях ее отдельных крупных регионов, в пожароопасные периоды с 2001 по 2024 гг.
- определены площади природных пожаров и показано, что их наибольшие суммарные значения для всей территории России в исследуемый период времени, были зафиксированы в 2002, 2003 и в 2008 гг., а за последнее десятилетие их максимальное значение было зафиксировано в 2021 г., при этом площадь только лесных пожаров, происходивших в 2021 г. составила рекордное значение за последнее десятилетие.
- оценены ежегодные объемы вызываемых пожарами эмиссий углеродосодержащих климатически-активных газов  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ , и мелкодисперсных аэрозолей  $PM_{2.5}$ .
- проведено сравнение полученных оценок площадей пожаров и вызванных ими эмиссий климатически-активных газов с результатами других исследований.
- выявлен тренд на снижение общих ежегодных значений площадей, пройденных огнем при пожарах, при постепенном росте среднегодовой радиационной мощности всех типов пожаров (FRP), происходивших на территории РФ за исследуемый 24-летний период времени.
- сделано предположение, что это вызвано совершенствованием методов раннего выявления очагов пожаров и способов пожаротушения, которые привели к сокращению сельскохозяйственных палов и лугово-степных пожаров, прежде всего, в Европейской части России, при этом рост ежегодных средних значений радиационной мощности очагов природных пожаров, вероятно, связан с тенденциями изменений климата на огромной территории России, проявляющихся в росте температуры, а также числа и продолжительности более засушливых периодов.

Полученные результаты подтверждают высокую эффективность использования данных космического мониторинга для оценки площадей природных пожаров и эмиссий климатически-активных газов и аэрозолей, обусловленных ими для обширных территорий России.

Исследование выполнено в НИИ «АЭРОКОСМОС» в рамках проекта №124021200003-1