

# О СВЯЗИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЖАРОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА

Лозин Д.В., Лупян Е.А., Балашов И.В., Сенько К.С.

Выступающий: Лозин Дмитрий Владиславович

Институт космических исследований РАН

Москва, 2020

# FIRE RADIATIVE POWER

Для анализа интегральной мощности теплоизлучения от пожаров растительности могут использоваться дистанционные данные, в частности, съемка аппаратурой Terra/MODIS, которой фиксируется радиояркая температура поверхности в диапазоне 4 мкм.

$$FRP = 4.34 \times 10^{-19} (T_4^8 - T_{4bg}^8)$$

Kaufman Y.J., Justice C.O.  
MODIS ATBD: Fire Products

где  $T_4$  и  $T_{4bg}$  – радиояркая температура термически активного пиксела (цели) в канале 21 радиометра MODIS ( $\lambda = 3.929 - 3.989$  мкм) и фона соответственно

$$FRP \approx \frac{A_{pix} \sigma}{a \tau_4} (L_4 - \overline{L_4})$$

Wooster, M., 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

где  $L_4$  - энергетическая яркость термически активного пиксела (цели) в канале 21 радиометра MODIS  $\lambda \approx 4$  мкм,  $\overline{L_4}$  - энергетическая яркость фона в том же спектральном диапазоне,  $A_{pix}$  - площадь пикселя MODIS (которая варьируется как функция угла сканирования),  $\sigma$  - постоянная Стефана-Больцмана ( $5.6704 \cdot 10^{-8}$  Вт \* м<sup>-2</sup>К<sup>-4</sup>),  $\tau_4$  - коэффициент прохождения 21 канала MODIS в атмосфере и  $a$  - эмпирическая постоянная, зависящая от прибора. Для MODIS  $a = 3.0 \cdot 10^{-9}$  Вт \* м<sup>-2</sup>ср<sup>-1</sup>мкм<sup>-1</sup>К<sup>-4</sup>.  $\tau_4$  просто присваивается значение 1, в формулу она включена для правильной атмосферной коррекции в следующем приближении.

# СОСТОЯНИЕ РАБОТ ПО ПОИСКУ СВЯЗИ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ТЕПЛОИЗЛУЧЕНИЯ ПОЖАРОВ И ПОСТПОЖАРНЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

Mottram G.N., Wooster M.J., Balster H.,  
George C., Gerrard F., Beisley J.  
The use of MODIS-derived fire radiative  
power to characterize Siberian boreal forest  
fires

M. J. Wooster, G. Roberts, and G. L. W. Perry,  
Y. J. Kaufman  
Retrieval of biomass combustion rates and  
totals from fire radiative power observations:  
FRP derivation and calibration relationships  
between biomass consumption and fire  
radiative energy release

Пономарев Е.И., Швецов Е.Г.  
Характеристики категорий пожаров  
растительности в Сибири по данным  
спутниковых и других наблюдений

- Во всех вышеприведенных работах пожары изучались на уровне отдельных регионов
- Несоответствие информации, связанной с различной разрешающей способностью используемых данных.
- Авторы значительного числа работ не создают для решения данной задачи полностью автоматизированных систем обработки данных

# ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ



ЦКП «ИКИ-Мониторинг»



FIRMS

Fire Information for Resource Management System

- БД горячих точек и «пожаров» (объединений горячих точек), сформированная на основе данных Collection 6 MODIS Active Fire / Hotspot Data в рамках Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг». Информация, хранящаяся в БД очищена от горячих точек, причиной которых не являются пожары.
- Постпожарные данные о повреждениях лесного покрова на территории РФ с 2006 года брались из БД, разработанной в ИКИ РАН, доступ к которой реализован в рамках Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг». Данные представляют собой набор пикселей размером в 260 м<sup>2</sup> каждому из которых сопоставлена средневзвешенная категория состояния (СКС).

# ИНФОРМАЦИЯ О ПОВРЕЖДЕНИИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА

$$SWVI = \frac{R_{nir} - R_{swir}}{R_{nir} + R_{swir}}$$

Вегетационный индекс SWVI

$$CKC = \frac{\sum_{i=1}^4 iK_i + 5 \sum_{i=5}^6 K_i}{\sum_{i=1}^6 K_i}$$

Средневзвешенная Категория Состояния

- 1 – здоровое насаждение
- 2 – ослабленное
- 3 – сильно ослабленное
- 4 – усыхающее
- 5 – погибшие

Классы CKC

$$RdSWVI = \frac{SWVI_{pre} - SWVI_{post}}{\sqrt{SWVI_{pre} + 1}}$$

Вегетационный индекс RdSWVI

$$CKC = a * RdSWVI + b$$

CKC лесов на основе значений *RdSWVI*

Ф.В. Стыщенко, С.А. Барталев,  
В.А. Егоров, Е.А. Лупян

Метод оценки степени повреждения лесов  
пожарами на основе спутниковых данных  
MODIS

$R_{nir}$  и  $R_{swir}$  значения коэффициента отражения поверхности в ближнем и среднем ИК диапазонах длин волн соответственно.

$K_i$  – число деревьев  $i$ -ой категории состояния деревьев согласно лесопатологической классификации, включающей оценку степени дефолиации и дехромации крон.

$SWVI_{pre}$  - значение индекса, полученное по изображению на заданную дату в год предшествующий пожару, а  $SWVI_{post}$  - значение индекса после воздействия огня.

Коэффициенты  $a$  и  $b$  определяются экспериментально на основе совместного анализа данных спутниковых наблюдений и наземных лесопатологических обследований.

# ПОДГОТОВКА ДАННЫХ

- Построение постпожарных карт распределения FRP пожаров на территории РФ
  - Данные FRP неоднородны. Решение – нормировка FRP на площадь пиксела
- Сопоставление данных FRP с данными о постпожарных повреждениях лесов
  - Необходимо проведение разработки методики и ПО приведения информации в единое пространственное представление

# ПОСТРОЕНИЕ ПОСТПОЖАРНЫХ КАРТ FRP

## Формирование базы горячих точек

Скачивание файлов формата csv с платформы FIRMS

Фильтрация по территории

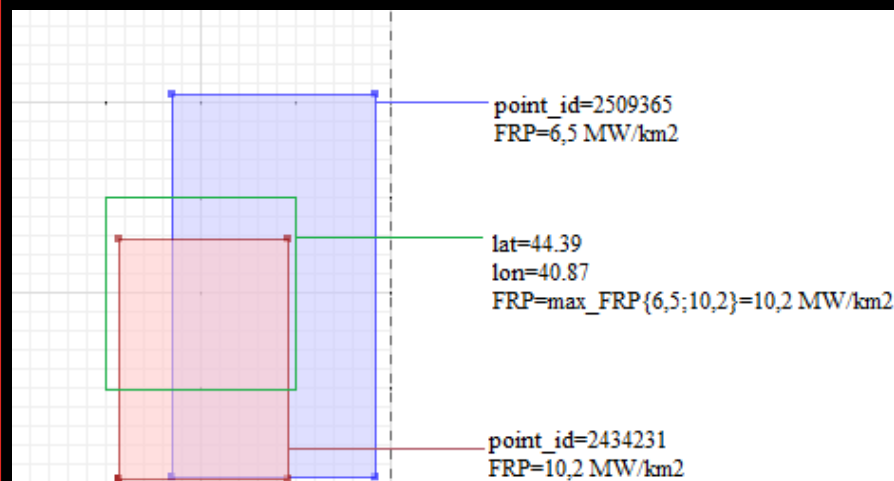
Фильтрация постоянных огней

Создание полигонов

Занесение и аннотация

1

## Сопоставление полигонов ГТ с ячейками сетки



Каждой ячейке присваивалось максимальное FRP среди всех горячих точек, покрывающих ячейку более, чем на 50%

2

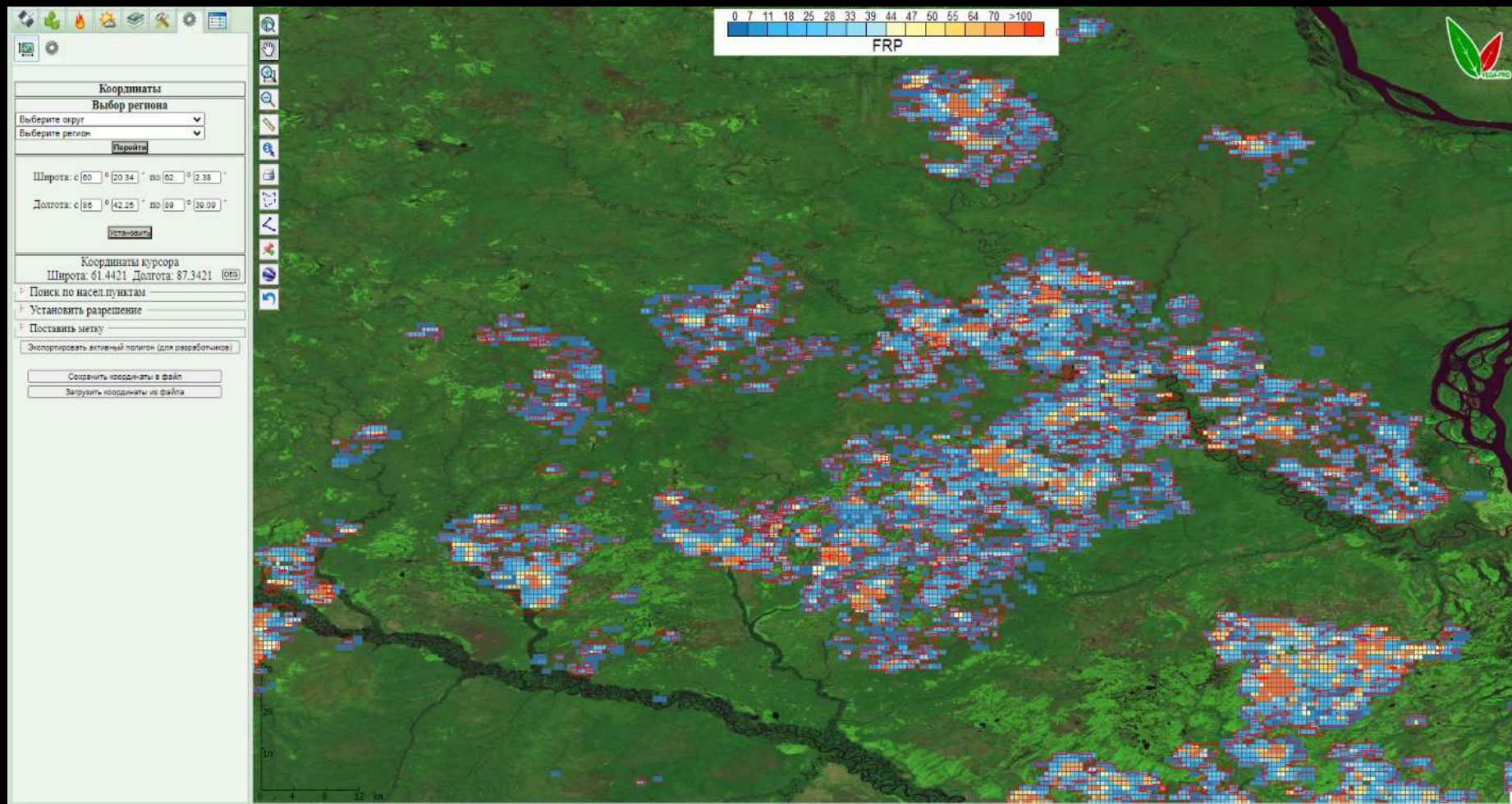
Получение результирующей таблицы fires, используемой для составления постпожарных карт FRP

fires	
SHAPE, [GEOMETRY]	
fire_id	
year, [YYYY]	
lon	
lat	
frp, [MW]	
terr_id, [id]	
VAL, [%]	

lon, lat - координаты центра ячейки,  
SHAPE - геометрическое представление ячейки,  
fire\_id - идентификатор пожара, year - год, в котором этот пожар происходил,  
frp - максимальное зарегистрированное значение FRP,  
terr\_id и VAL - тип растительности и его доля покрытия.

3

# ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КАРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ FRP



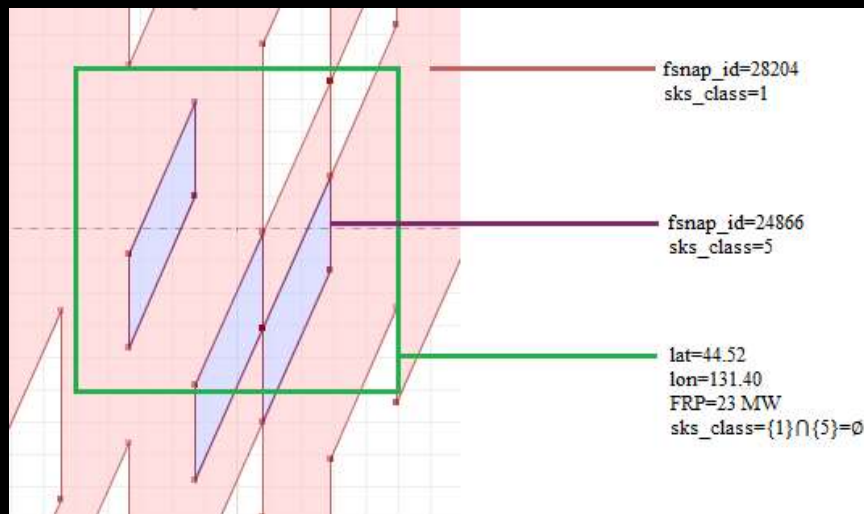
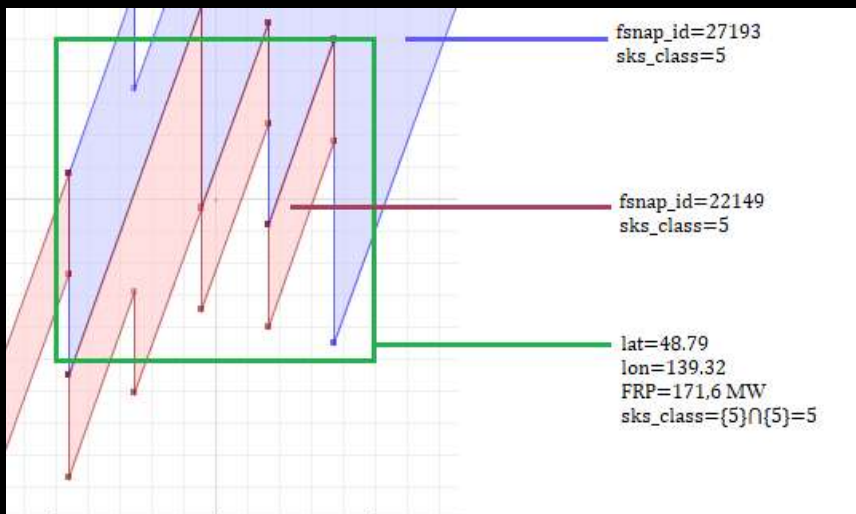
Область карты распределения FRP пожаров за 2012 год на территории РФ



# СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ГОРЕНИЯ ПОЖАРОВ С ДАННЫМИ О ПОВРЕЖДЕНИЯХ ЛЕСНОГО ПОКРОВА

Примеры сопоставления карты распределения FRP с картами СКС

Таблица sksfrp, содержащая ячейки из таблицы fires с сопоставленным СКС



sksfrp
sks_class
frp, [MW]
lat
lon
year, [YYYY]
terr_id, [id]
VAL, [%]

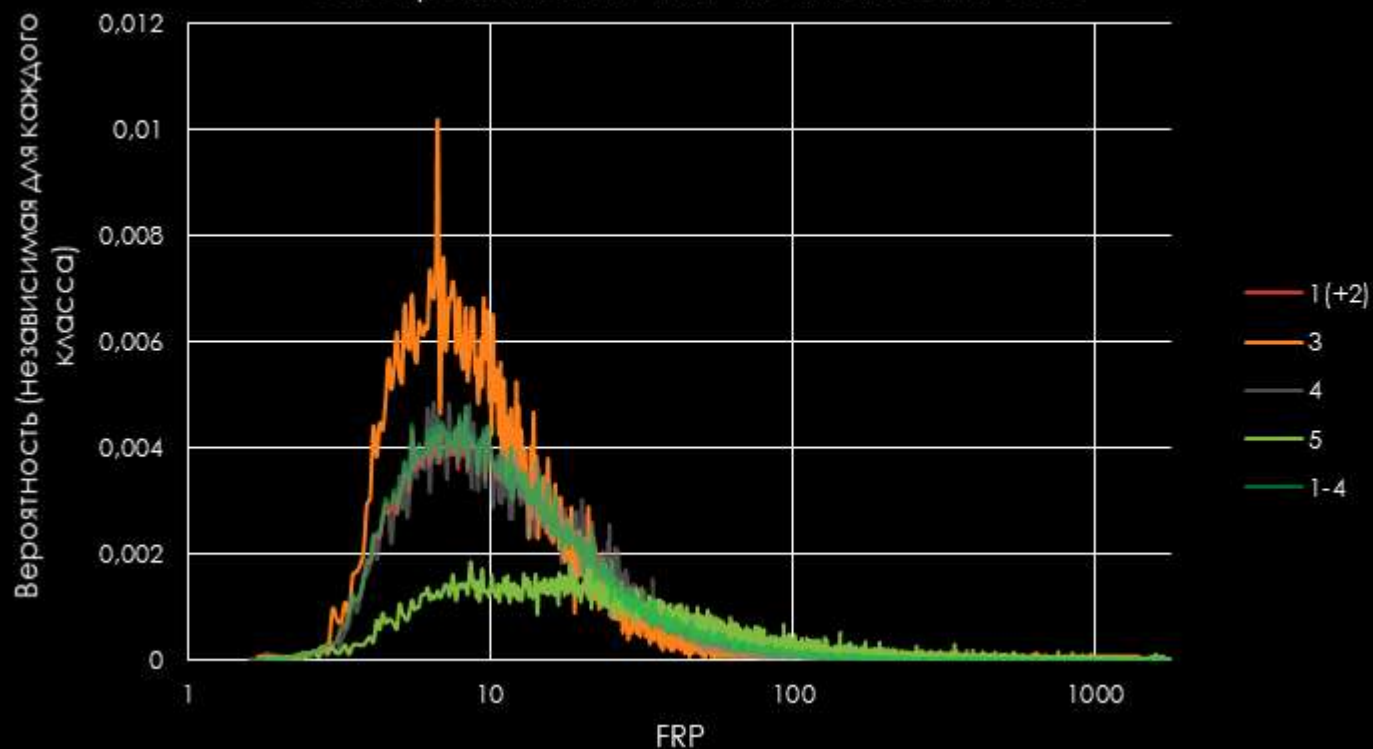
Однородный случай, когда ячейка покрыта полигонами точек СКС одного класса, ячейке присваивается соответствующий СКС

Неоднородный случай, когда ячейка покрыта полигонами точек СКС разных классов, ячейка пропускается

lat, lon- координаты центра ячейки,  
sks\_class- класс СКС  
year - год, в котором пожар происходил,  
frp - максимальное зарегистрированное значение FRP,  
terr\_id и VAL - тип растительности и его доля покрытия.

# ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЖАРОВ ДЛЯ РАЗНЫХ КЛАССОВ

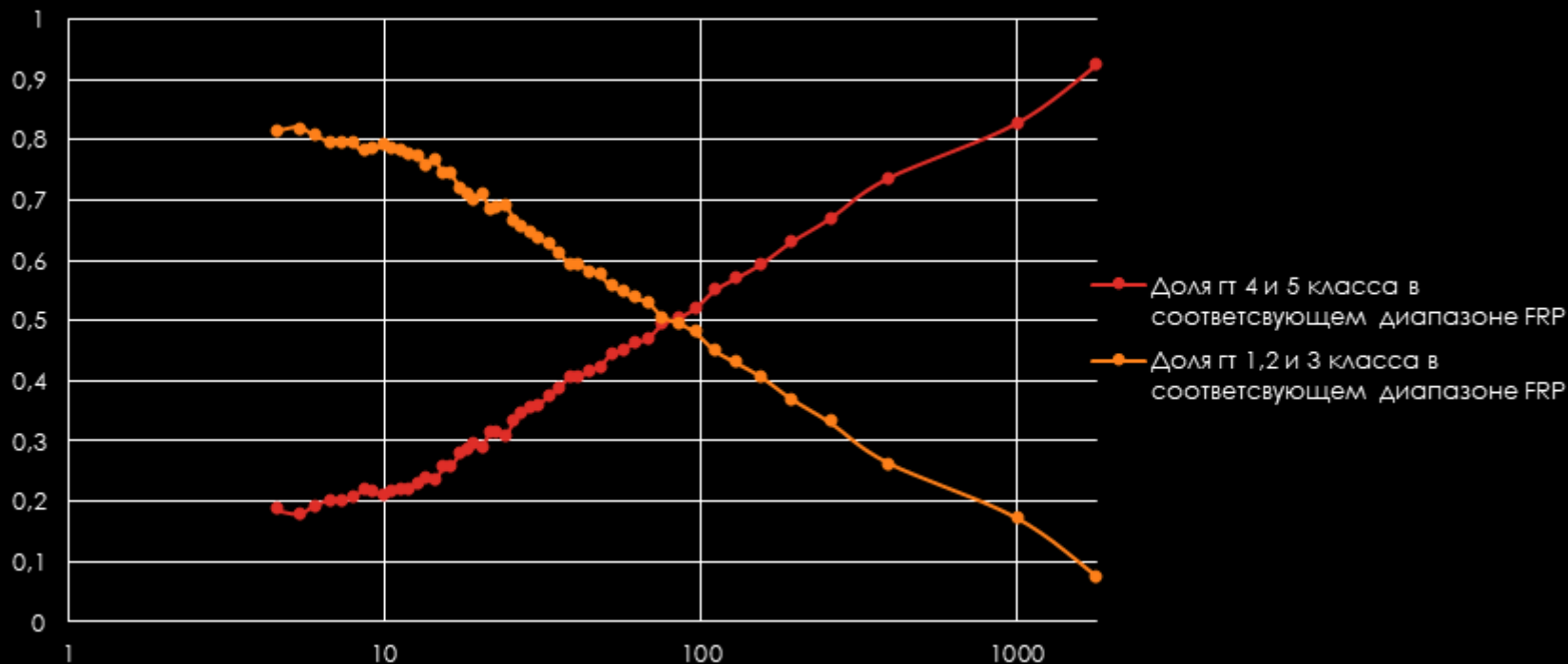
Распределение FRP по классам СКС



СКС	среднее FRP	Количество ячеек сетки
1(+2)	38,48361452	244918
3	23,46466085	15671
4	35,21025576	32255
5	128,8014271	117227

Среднее FRP для каждого класса СКС с 2012  
по 2019 год

# ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СКС ПО FRP ПОЖАРА

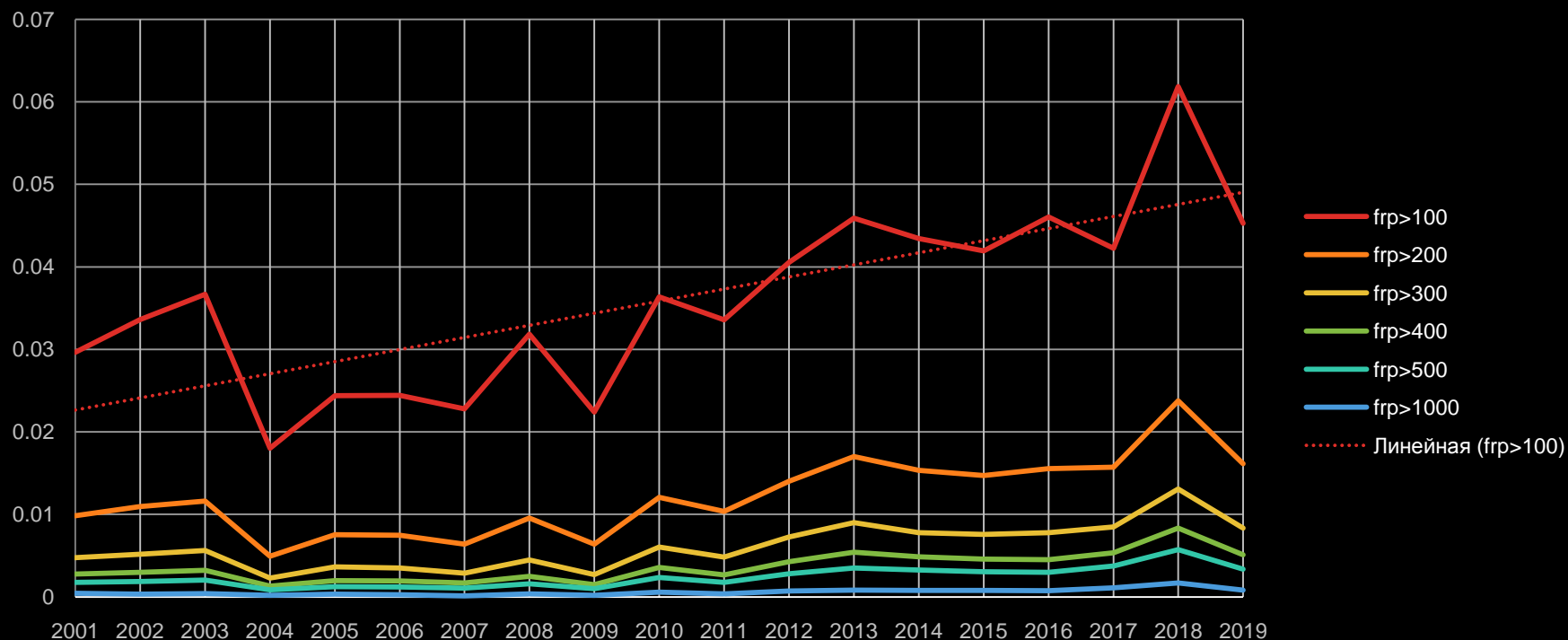


Доля горячих точек первых трех классов СКС и классов СКС, соответствующих усыхающей и погибшей растительности по диапазонам FRP

# МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ДОЛИ ГОРЯЧИХ ТОЧЕК С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ FRP

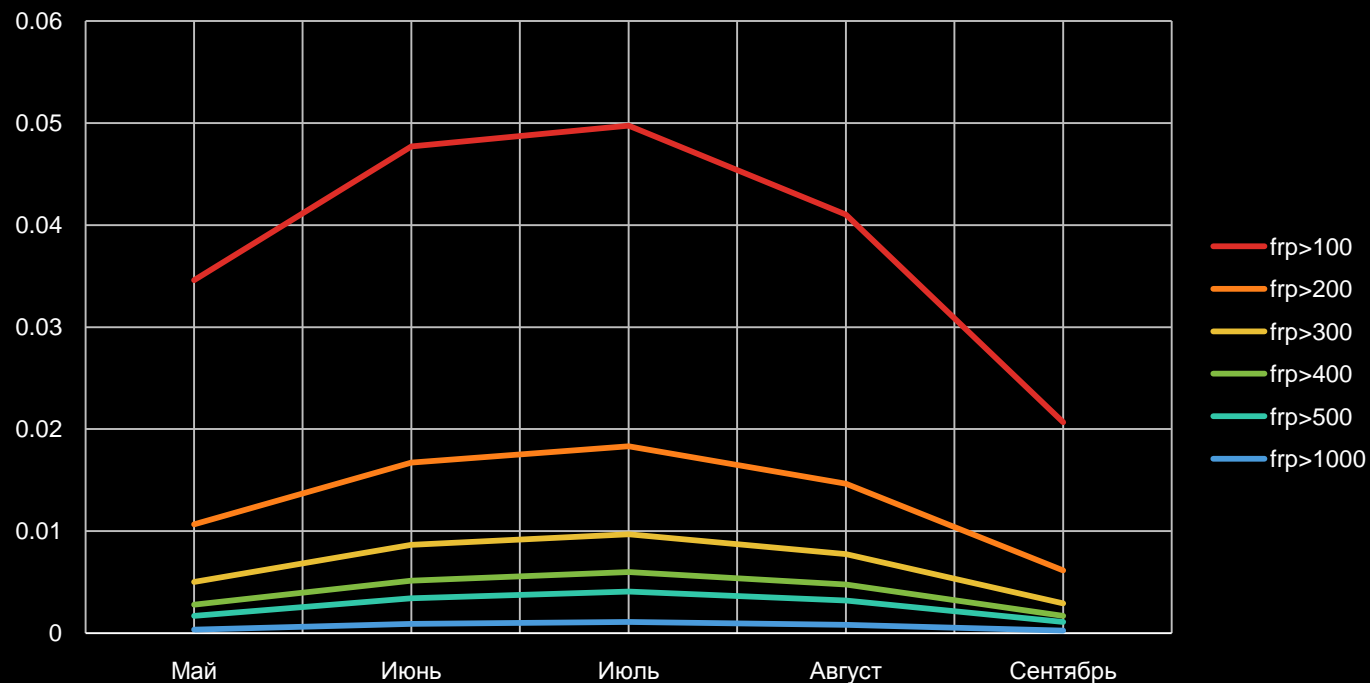
## FRP

Доля горячих точек с FRP выше порогового относительно всех на территории РФ по годам

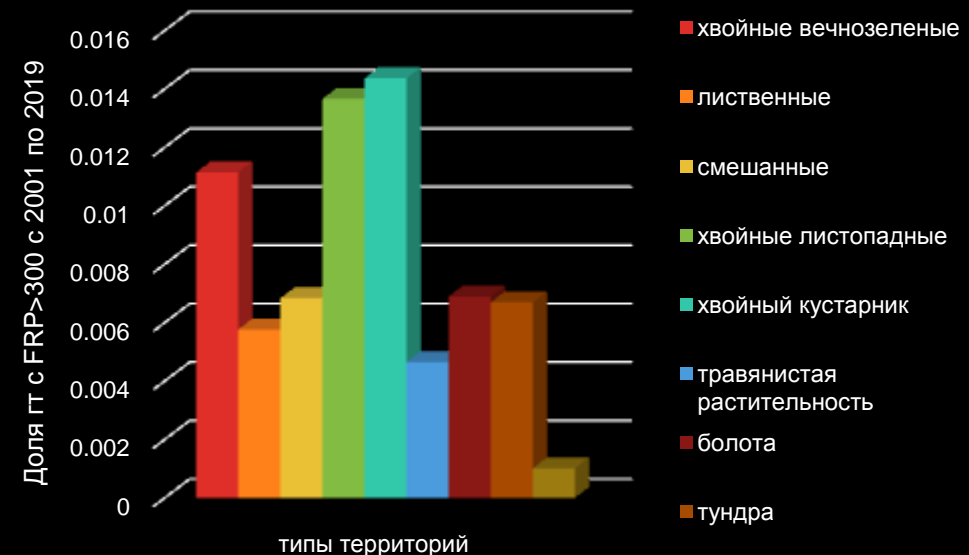
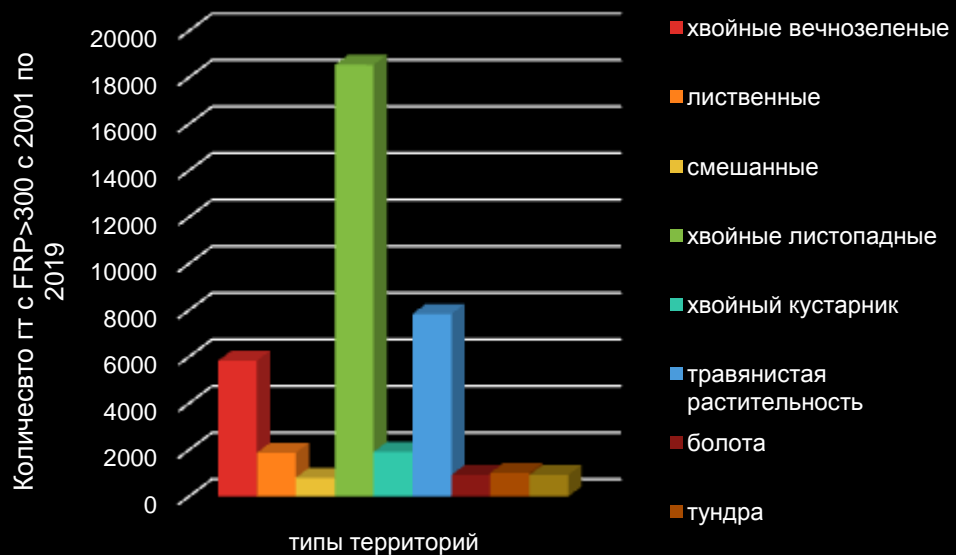


# СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ДОЛИ ГОРЯЧИХ ТОЧЕК С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ FRP

Доля горячих точек с FRP выше порогового относительно всех на территории РФ по месяцам



# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРЯЧИХ ТОЧЕК С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ FRP ПО ТИПАМ ТЕРРИТОРИЙ



# РЕЗУЛЬТАТЫ

- Разработан метод и реализовано ПО построения карт распределения FRP и ее сопоставления с данными СКС лесных пожаров
- Применение данного метода позволило получить следующие результаты:
  - Межгодовая динамика доли горячих точек с экстремальным FRP демонстрирует положительный тренд с течением времени
  - В сезонной динамике максимальная доля горячих точек с высоким FRP достигается в июле
  - Горячие точки с экстремальным FRP более характерны для хвойных типов растительности
  - Установлена зависимость вероятности успешного определения усыхающей и погибшей растительности лесов по FRP соответствующего пожара от значения FRP