

ОСОБЕННОСТИ ВОЗМОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О РАДИАЦИОННОЙ МОЩНОСТИ ПОЖАРОВ

Лозин Д.В., Балашов И.В., Лупян Е.А.

Институт космических Исследований РАН

Международная конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса»
Москва, ИКИ РАН 16.11. 2021

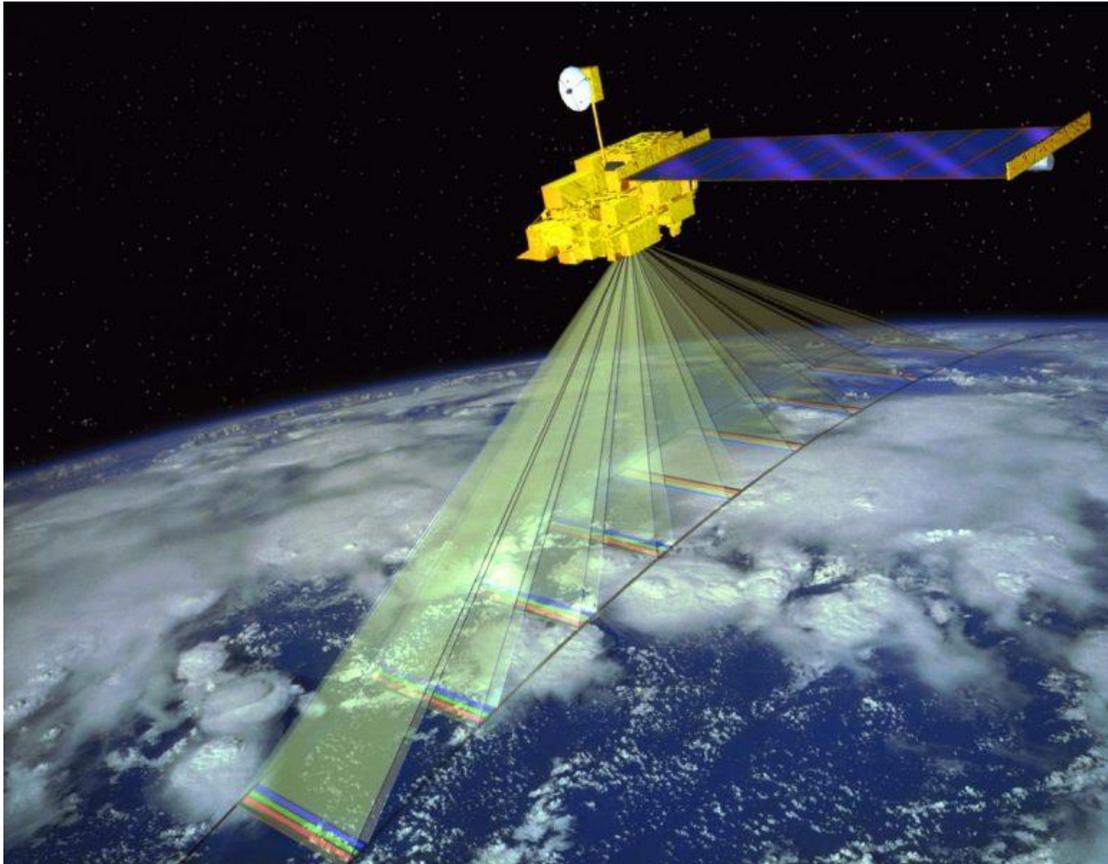
ПРОБЛЕМА

- Актуальная для лесного хозяйства задача – **оценка повреждений лесного покрова, связанных с действием природных пожаров**
- Для выполнения подобных оценок требуется получение временных рядов наблюдений, поэтому они могут быть получены со значительной задержкой после окончания действия пожаров
- Интерес представляет получение **оперативных оценок возможных повреждений**, которые потенциально могут быть выполнены на основе анализа интенсивности горения



Лесной пожар в сибирской тайге

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ



Научно-исследовательский спутник Terra, в частности используемый для мониторинга лесных пожаров

- Использование технологий дистанционного зондирования Земли из космоса позволяет получать ежедневно обновляемую информацию о интенсивности горения (FRP), которая, как отмечалось разными авторами, влияет на степень постпожарных повреждений.
- Основными задачами настоящей работы являются
 - **нахождение количественной зависимости между FRP и степенью постпожарных повреждений;**
 - **построение на основе найденных зависимостей методики оперативной оценки степени повреждений лесного покрова пожарами**

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ГОРЕНИЯ 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 ($\lambda = 3.929\text{--}3.989$ мкм) и фона соответственно

$$FRP \approx \frac{A_{pix}\sigma}{a\tau_4} (L_4 - \bar{L}_4)$$

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, \bar{L}_4 - энергетическая яркость фона в том же спектральном диапазоне, A_{pix} - площадь пикселя MODIS (которая варьируется как функция угла сканирования), σ - постоянная Стефана-Больцмана (5.6704×10^{-8} Вт * м⁻²К⁻⁴), τ_4 - коэффициент прохождения 21 канала MODIS в атмосфере и a - эмпирическая постоянная, зависящая от прибора. Для MODIS $a = 3.0 \times 10^{-9}$ Вт * м⁻²ср⁻¹мкм⁻¹К⁻⁴. τ_4 просто присваивается значение 1, в формулу она включена для правильной атмосферной коррекции в следующем приближении.

ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЯДОВ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

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

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 СКС

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

Вегетационный индекс RdSWVI

$$CKC = a * RdSWVI + b$$

СКС лесов на основе значений $RdSWVI$

Ф.В. Стыценко, 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.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ



ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

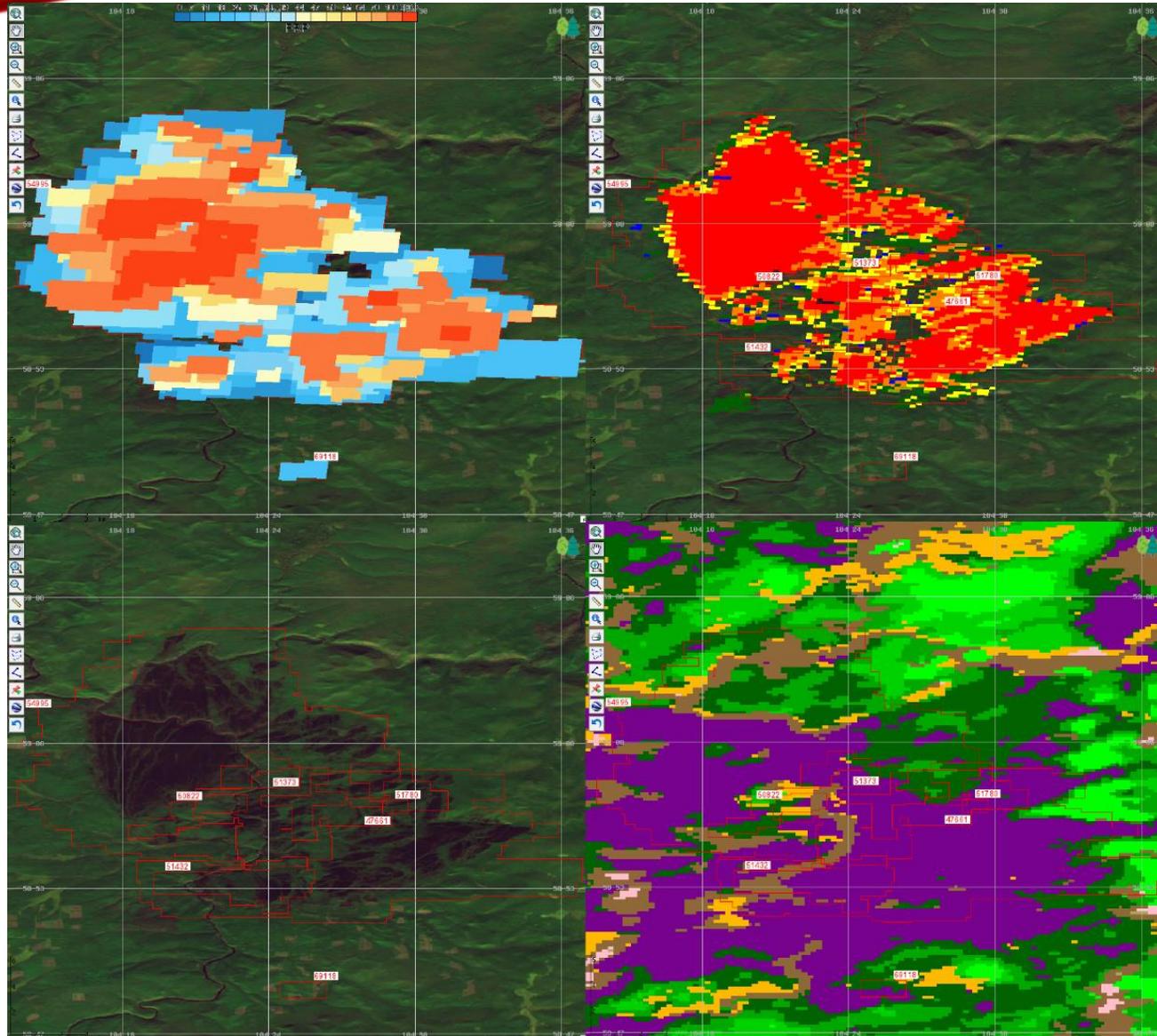


- БД горячих точек и «пожаров» (объединений горячих точек), сформированная на основе данных Collection 6 MODIS Active Fire / Hotspot Data в рамках Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг». Информация, хранящаяся в БД очищена от горячих точек, причиной которых не являются пожары
- Постпожарные 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 на 260 м, каждому из которых сопоставлена средневзвешенная категория состояния (СКС)

ПОСТРОЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ГОРЕНИЯ И СТЕПЕНЬЮ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕСНОГО ПОКРОВА



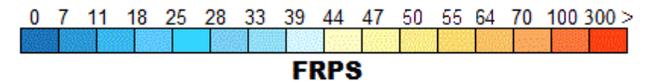
СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ГОРЕНИЯ ПОЖАРОВ С ДАННЫМИ О ПОВРЕЖДЕНИЯХ ЛЕСНОГО ПОКРОВА И КАРТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ



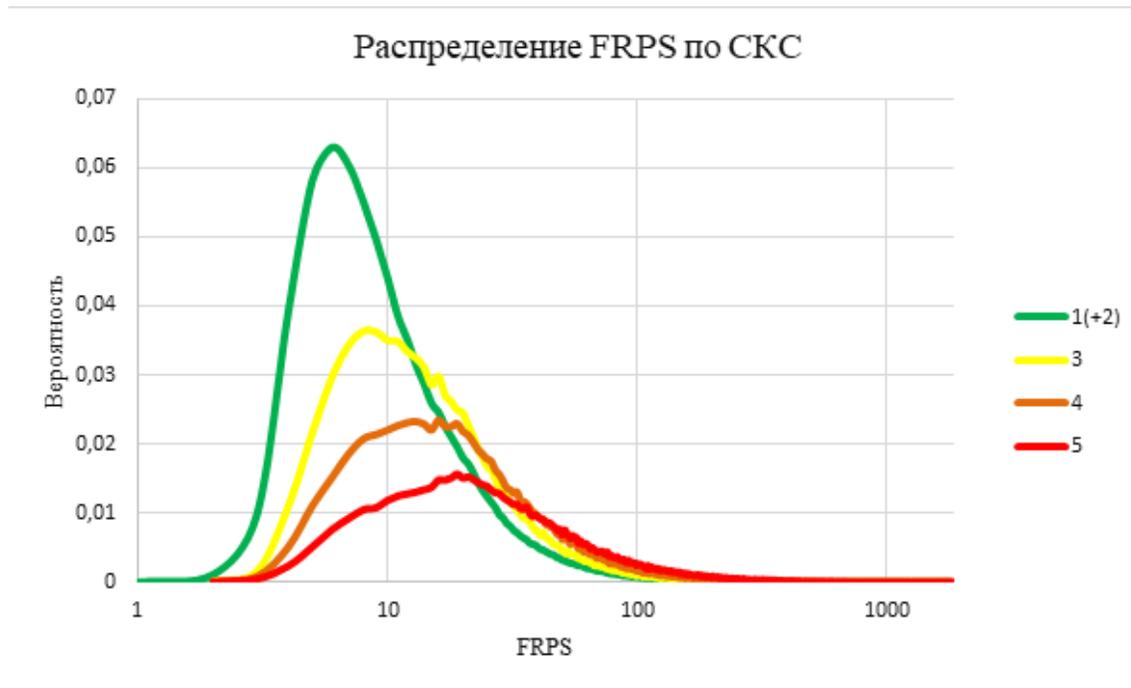
Легенды карт

- 1 "Здоровые" и слабоповрежденные
- 2 Ослабленные
- 3 Сильно ослабленные
- 4 Усыхающие
- 5 Погибшие
- 6 Нет данных

- Темнохвойный лес
- Светлохвойный лес
- Лиственный лес
- Смешанный лес с преобладанием хвойных
- Смешанный лес
- Смешанный лес с преобладанием лиственных
- Хвойный листопадный лес
- Редины хвойные листопадные
- Луга



ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЖАРОВ ДЛЯ РАЗНЫХ КЛАССОВ



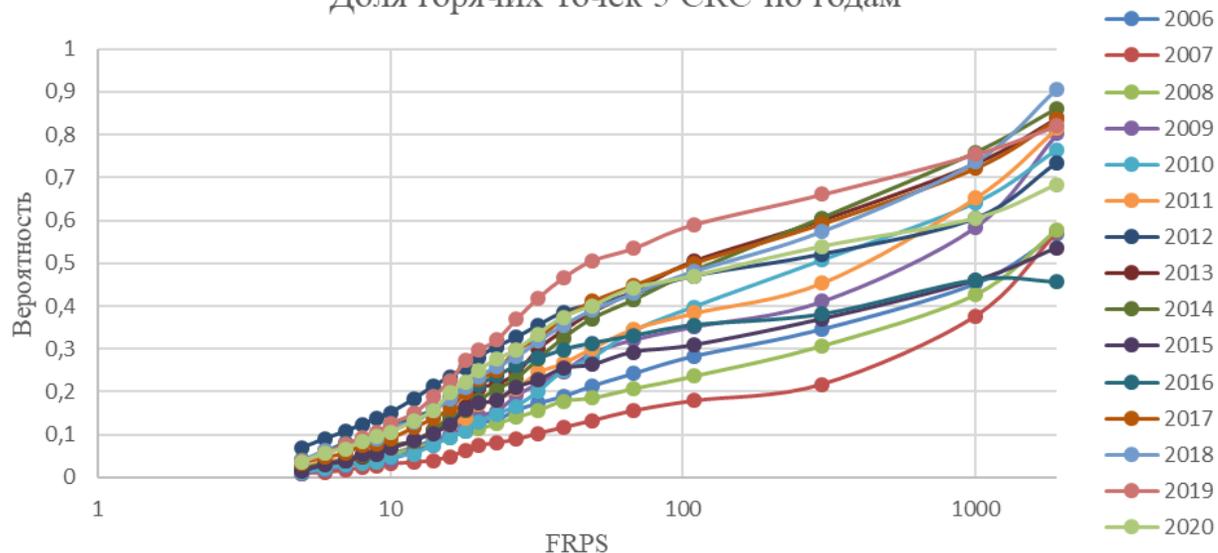
СКК	среднее FRPS (МВт/км ²)	Количество ячеек сетки
1(+2)	29,7	24337328
3	37,9	657927
4	54,4	2322774
5	105,6	4062711

Среднее FRPS для каждого класса СКК по сопоставленным данным с 2006 по 2020 год на территории РФ

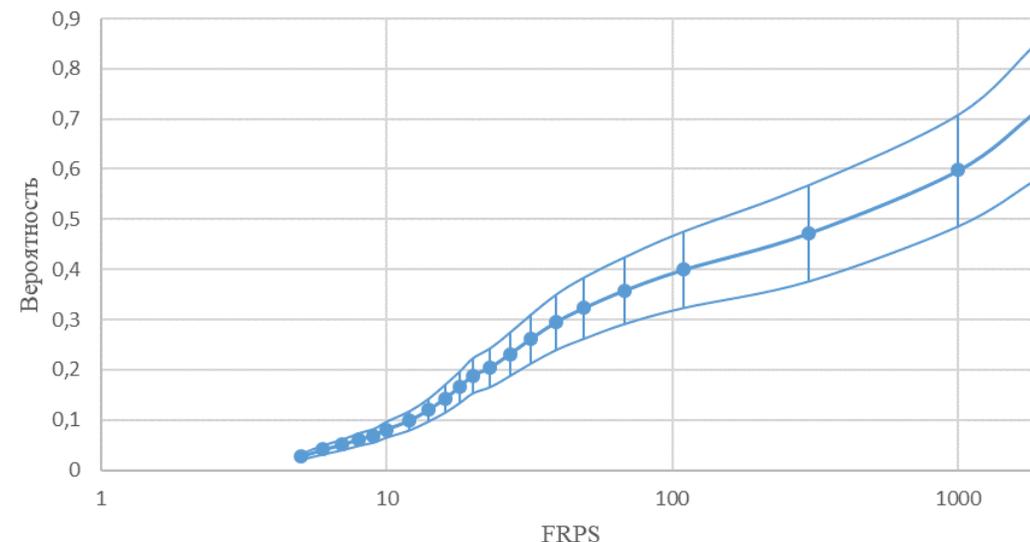
- При подсчете статистики всем горячим точкам, которым не сопоставились пиксели продукта СКК, приписывался 1 класс СКК.
- Сильное отличие среднего FRPS для 5 СКК (погибшая растительность) от средних по другим классам, позволяет говорить о возможности оценки гибели леса по данным интенсивности горения пожаров
- Следует учитывать, что гибель части леса происходит при любом значении FRPS, поэтому ставить порог значения, после которого растительность бы однозначно считалась погибшей, некорректно.
- Необходимо использовать «вероятностный подход» оценки гибели лесного покрова. При расчете площади погибшего леса на гари считать что при любом в пискселе постпожарной карты FRPS гибнет какой-то процент лесного покров.
- Для реализации «вероятностного подхода» на основе сравнения поспожарных карт FRPS и карт СКК строятся зависимости вероятности гибели лесного покрова для каждого значения FRPS

ВЕРОЯТНОСТЬ ГИБЕЛИ ЛЕСА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ FRPS (СРЕДНЕЕ ПО ВСЕЙ ТЕРРИТОРИИ РФ В РАЗЛИЧНЫЕ ГОДЫ)

Доля горячих точек 5 СКС по годам



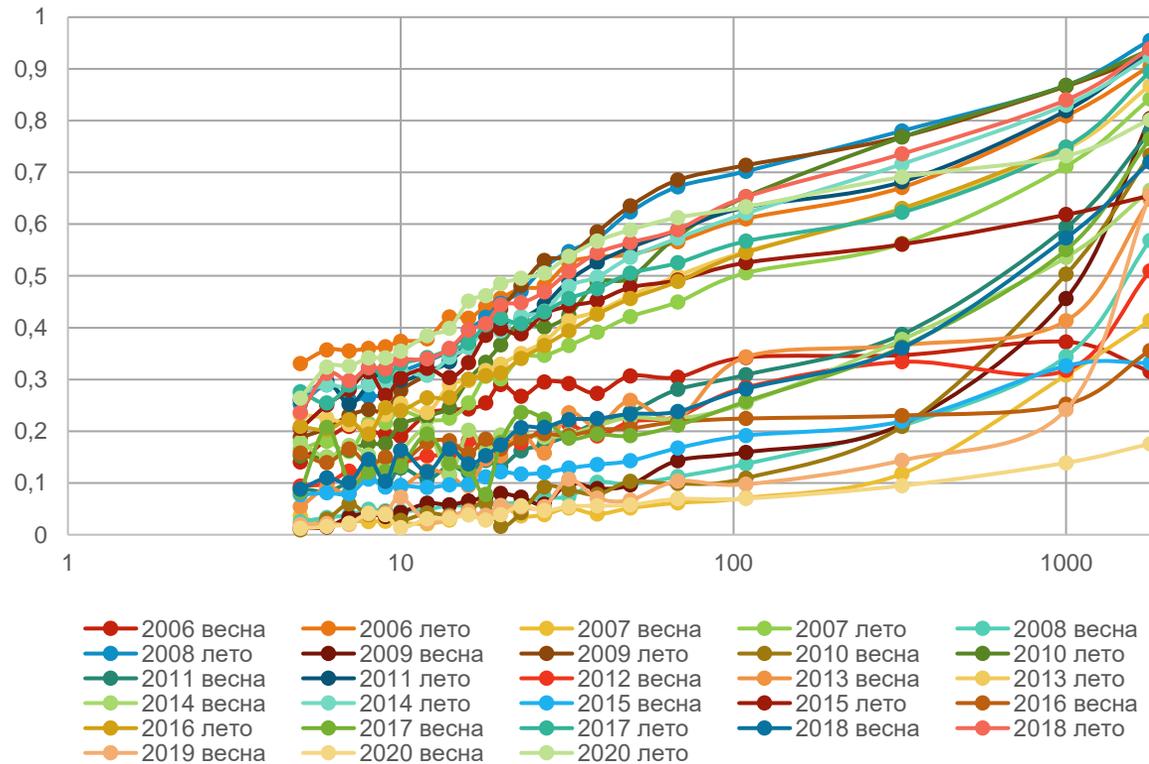
Доля горячих точек 5 СКС за все года с дисперсией



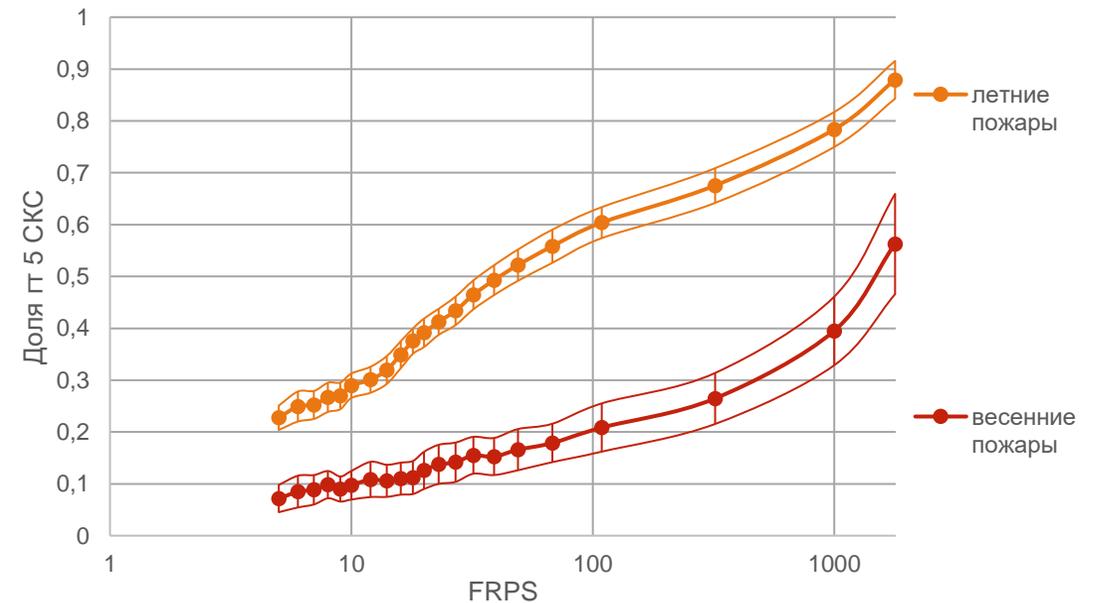
Хотя наблюдается общая закономерность повышения вероятности гибели леса при повышении FRPS, разброс между кривыми в разные года значителен. Вид конкретных кривых зависит от особенностей горения в разные годы (периоды горения и типы территорий проходимых пожарами)

ВЕРОЯТНОСТЬ ГИБЕЛИ ЛЕСА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ FRPS (ДЛЯ «ВЕСЕННИХ» И «ЛЕТНИХ» ПОЖАРОВ)

Доля горячих точек 5 СКС по сезонам и годам



Доля горячих точек 5 СКС по сезонам с дисперсией

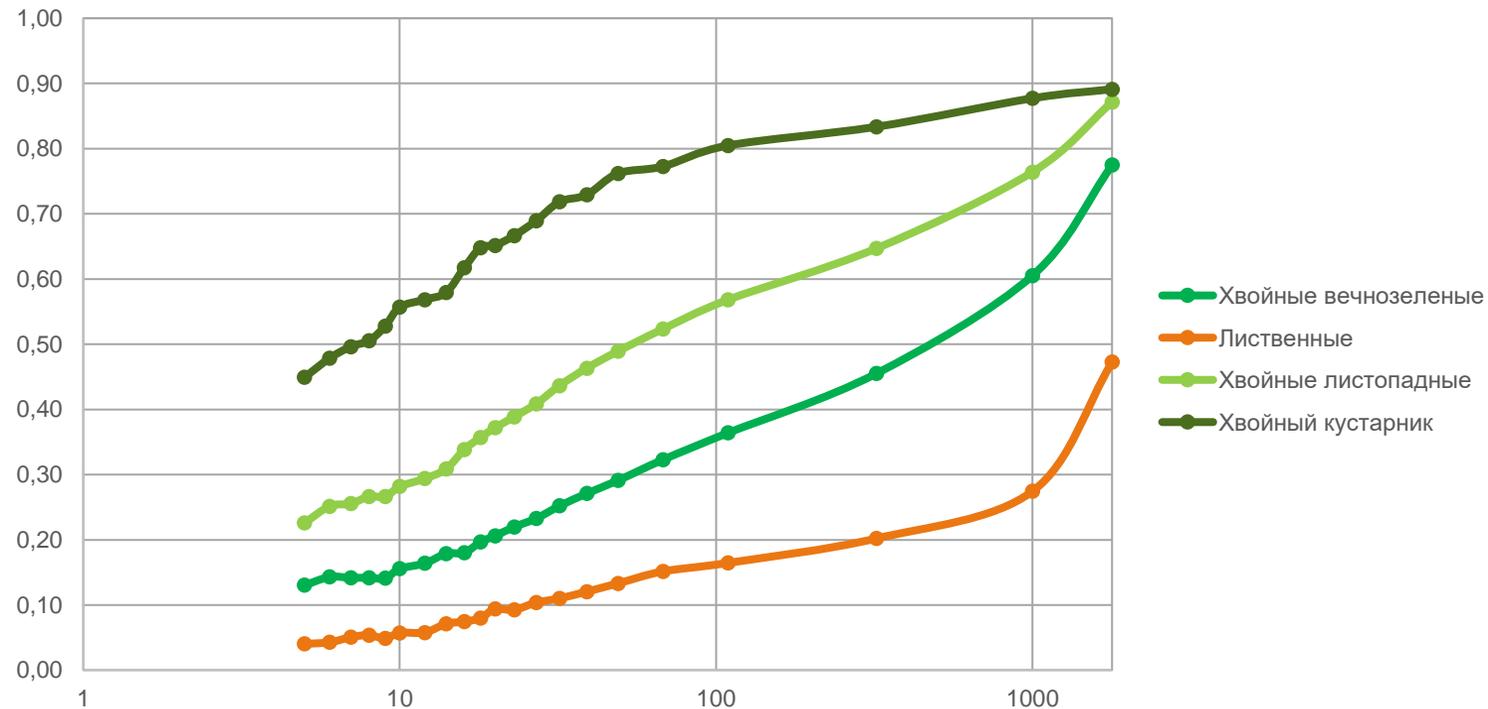


Вероятность гибели лесов от FRPS для «весенних» (до 15.06) и «летних» (после 15.06) пожаров

Хорошо видны различия в поведении зависимостей вероятности гибели лесов от frps для «весенних» и «летних» пожаров

ЗАВИСИМОСТЬ ОЦЕНКИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕСНОГО ПОКРОВА ПО FRPS ОТ ТИПА РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Доля горячих точек 5 СКС по типам растительности

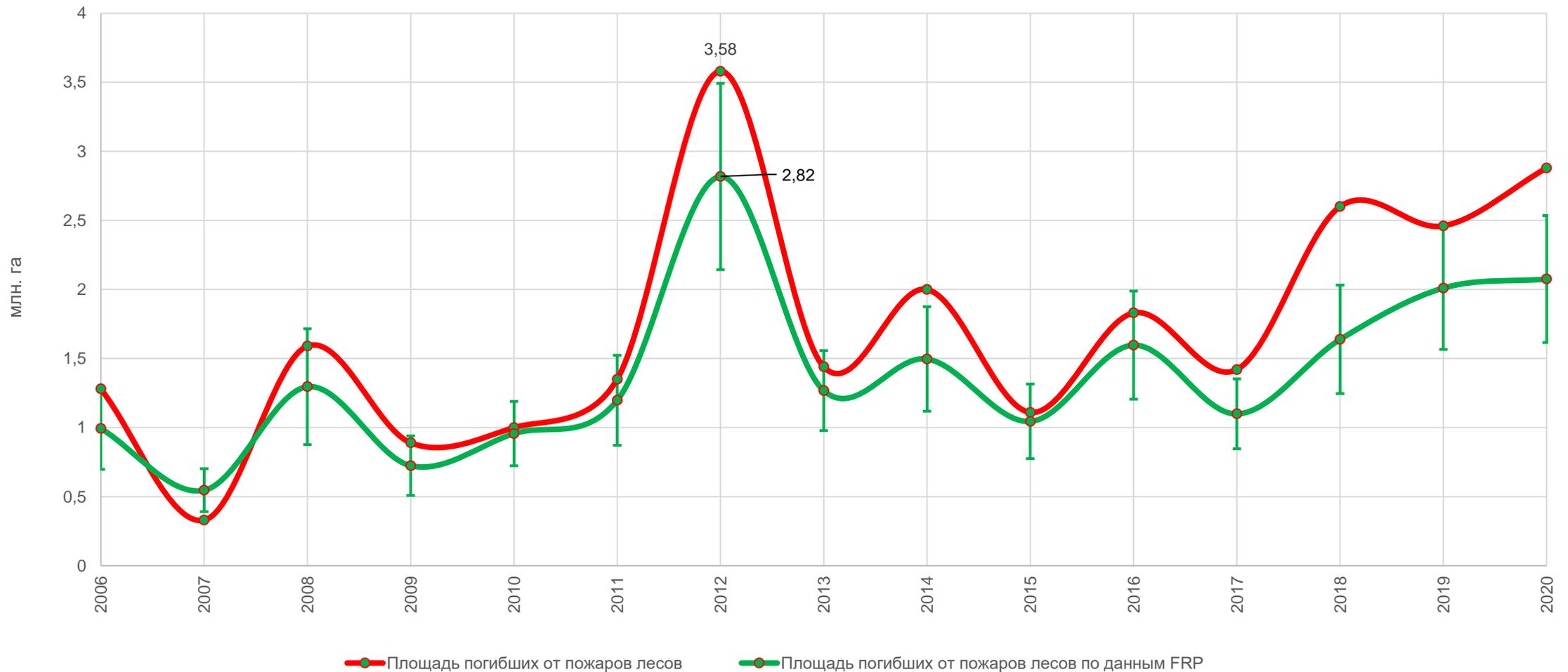


Зависимости вероятности гибели лесов от интенсивности пожаров существенно зависят от типов лесов по которым распространяются пожары

ВЫВОДЫ

- Как и было подтверждено в различных работах повреждения лесов пожарами зависят от интенсивности, количественным критерием которой, в том числе является и индекс FRPS.
- Подход связанный с попыткой нахождения некоего порога FRPS после которого наблюдается гибель лесов не является оправданным, поскольку гибель лесов (пусть и в различных процентах) наблюдается практически при любых значениях FRPS.
- В тоже время зависимость вероятности гибели лесов от наблюдаемых FRPS существенно зависит от сезонности (например, в «весенний» или «летний» периоды развиваются пожары).
- Также форма данной зависимости существенно зависит от типов лесного покрова в которых развиваются пожары.
- Только при учете всех этих факторов можно создать схему оперативной оценки гибели лесов от пожаров на основе анализа интенсивности горения.

СРАВНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ПЛОЩАДЕЙ ПОГИБШИХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ РФ ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОСТПОЖАРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ И АНАЛИЗА ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЖАРОВ (FRPS)



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !

A high-angle, wide shot of a vast, dense forest of tall, slender coniferous trees, likely spruce or fir, covering a hillside. The trees are a vibrant green, with some areas appearing slightly more yellowish-green due to sunlight filtering through the canopy. The perspective is from an elevated position, looking down and across the forest. The text "БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !" is overlaid in the upper center of the image in a bold, dark blue font.