

# Уточнение данных о площади погибших и поврежденных лесов от пожаров и оценка скорости лесовосстановления на гарях на основе анализа спутниковых данных за период с 2001 по 2024 год

**Ховратович Т.С., Барталев С.А., Стыценко Ф.В., Сайгин И.А, Стыценко Е.А.**

*Институт космических исследований РАН*

XXIII международная конференция  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»,  
Москва, 10-14 ноября 2025

# Преимущества использования временных рядов спутниковых карт для оценки процессов, происходящих в лесах

- ✓ Ежегодное обновление продуктов
- ✓ Попиксельное совмещение всех продуктов в пространстве
- ✓ Обучение на основе наземной информации / информации из более детальных спутниковых карт, скорректированной с помощью наземных данных
- ✓ Использование одинаковых подходов к обработке данных для всего временного ряда
- ✓ Использование постобработки временного ряда для устранения шумов и возможных ошибок между соседними по времени данными

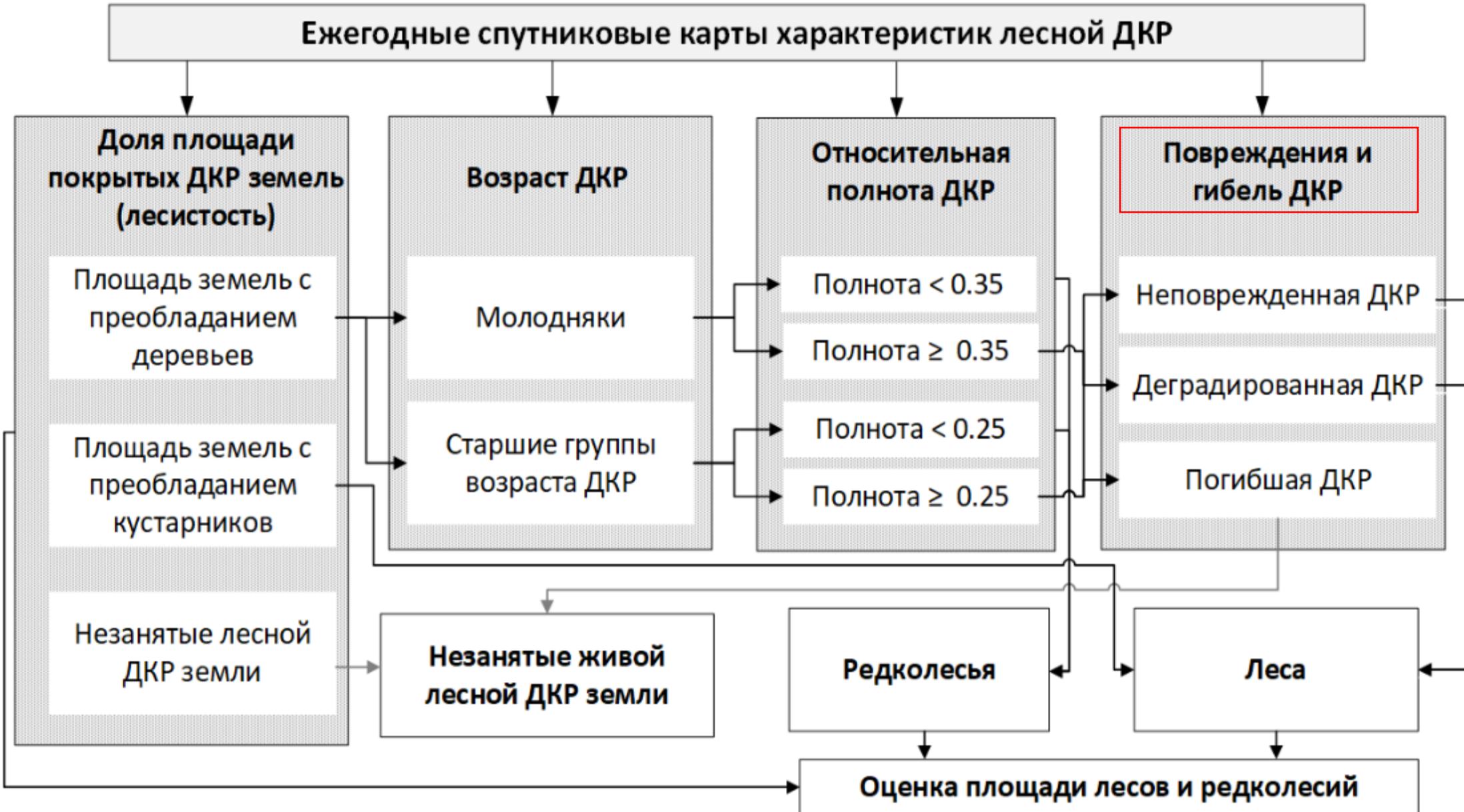


Получение характеристик на основе динамики показателей

+

Оценка характеристик на подпиксельном уровне

# Оценка площади лесов и редколесий



# Повреждение и гибель древесно-кустарниковой растительности вследствие пожаров

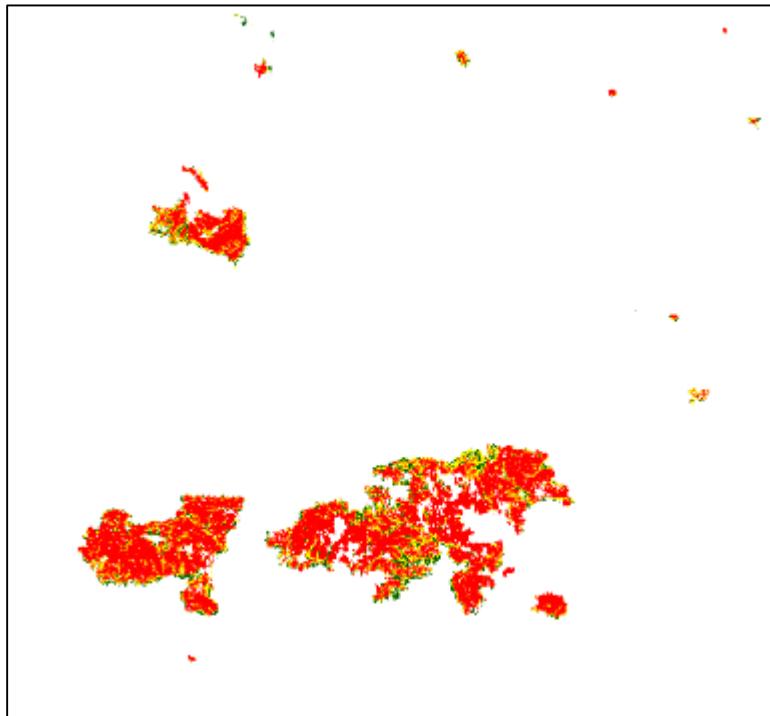
Степень повреждения насаждений пожарами



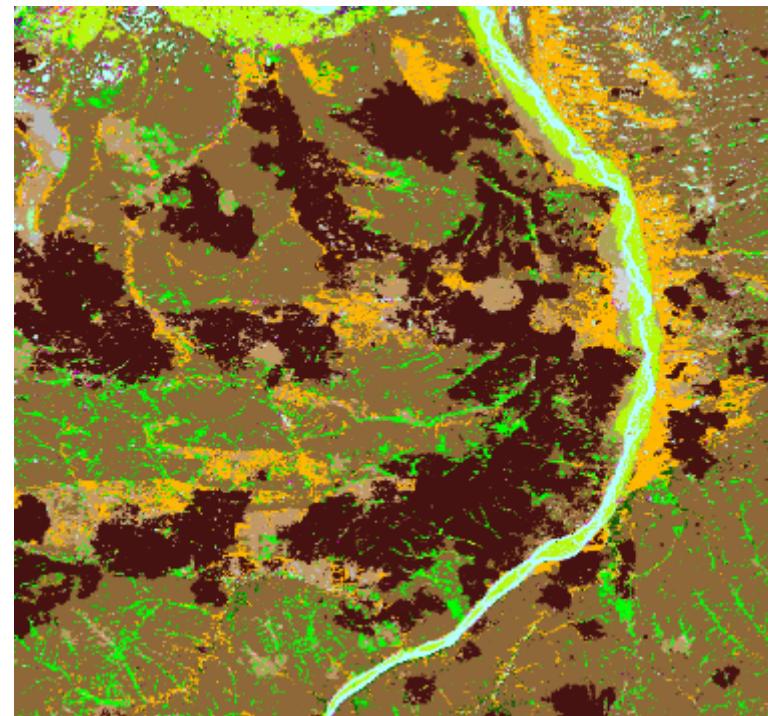
Карта типов наземных экосистем



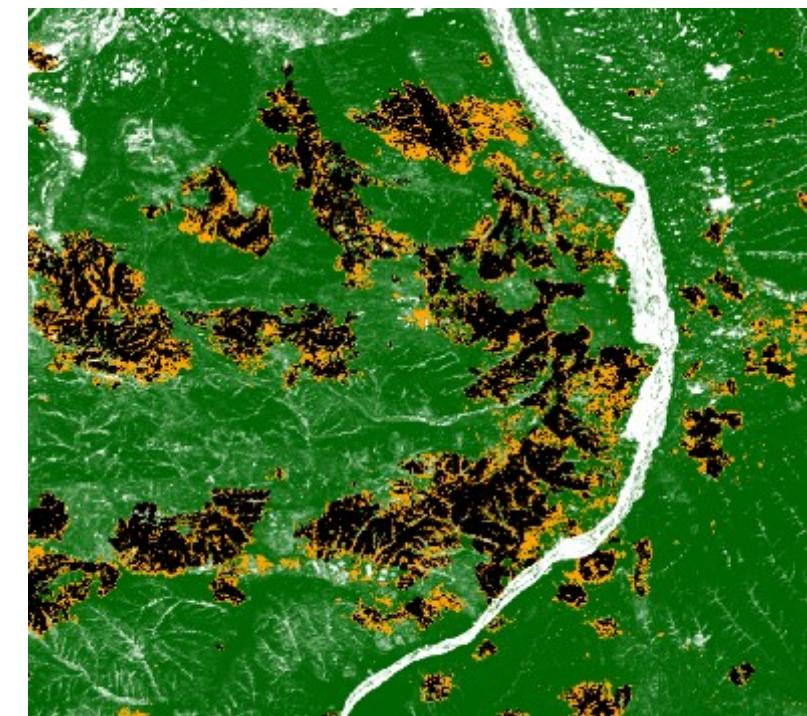
# Повреждение и гибель древесно-кустарниковой растительности вследствие пожаров



Данные СКС, 2003



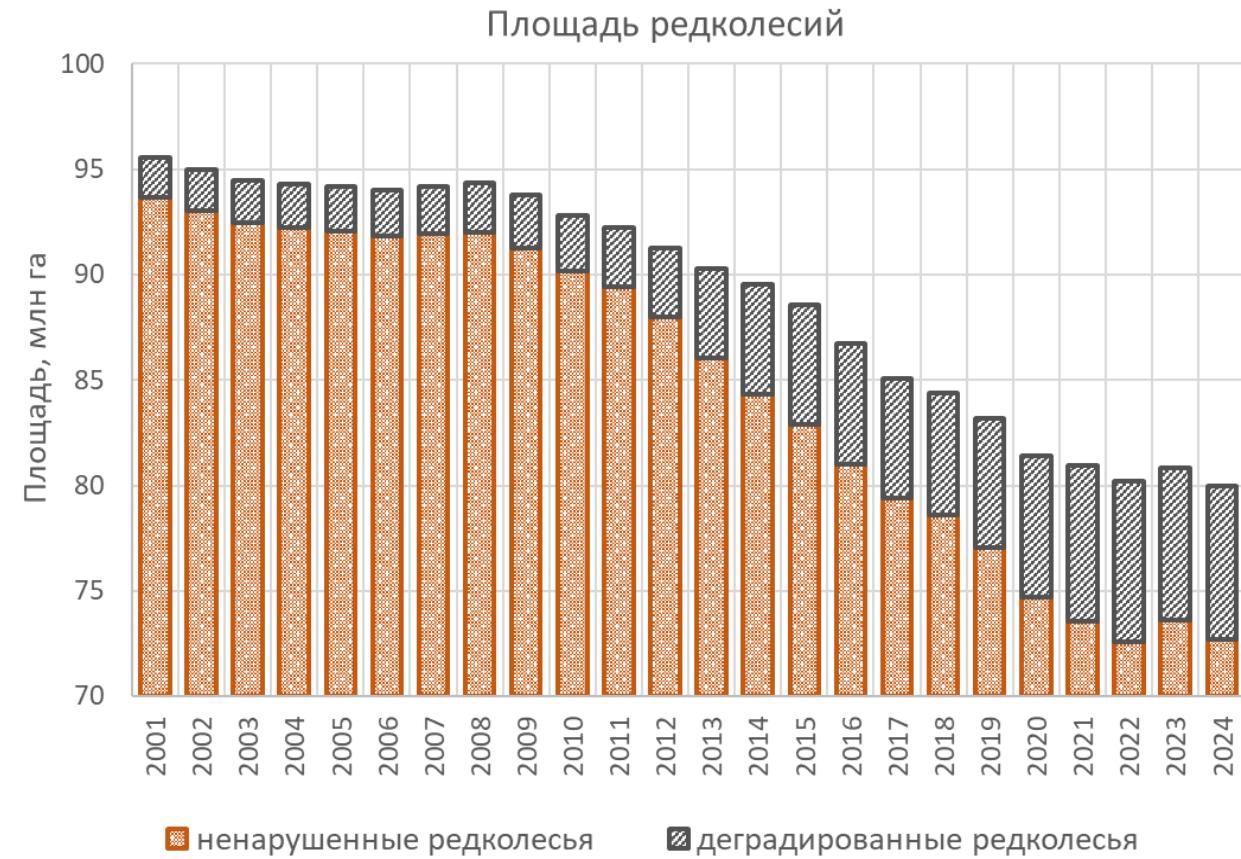
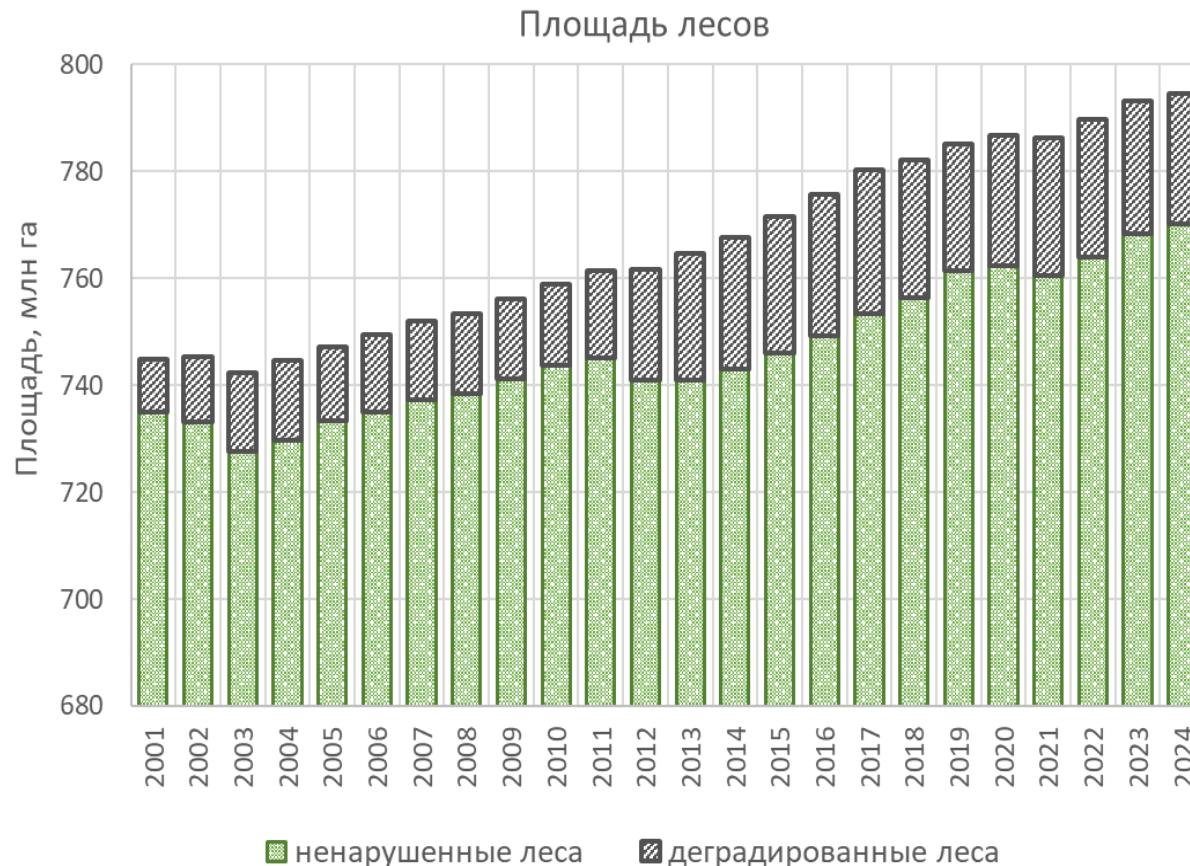
Данные о гарях, 2003



Маска поврежденной и погибшей ДКР

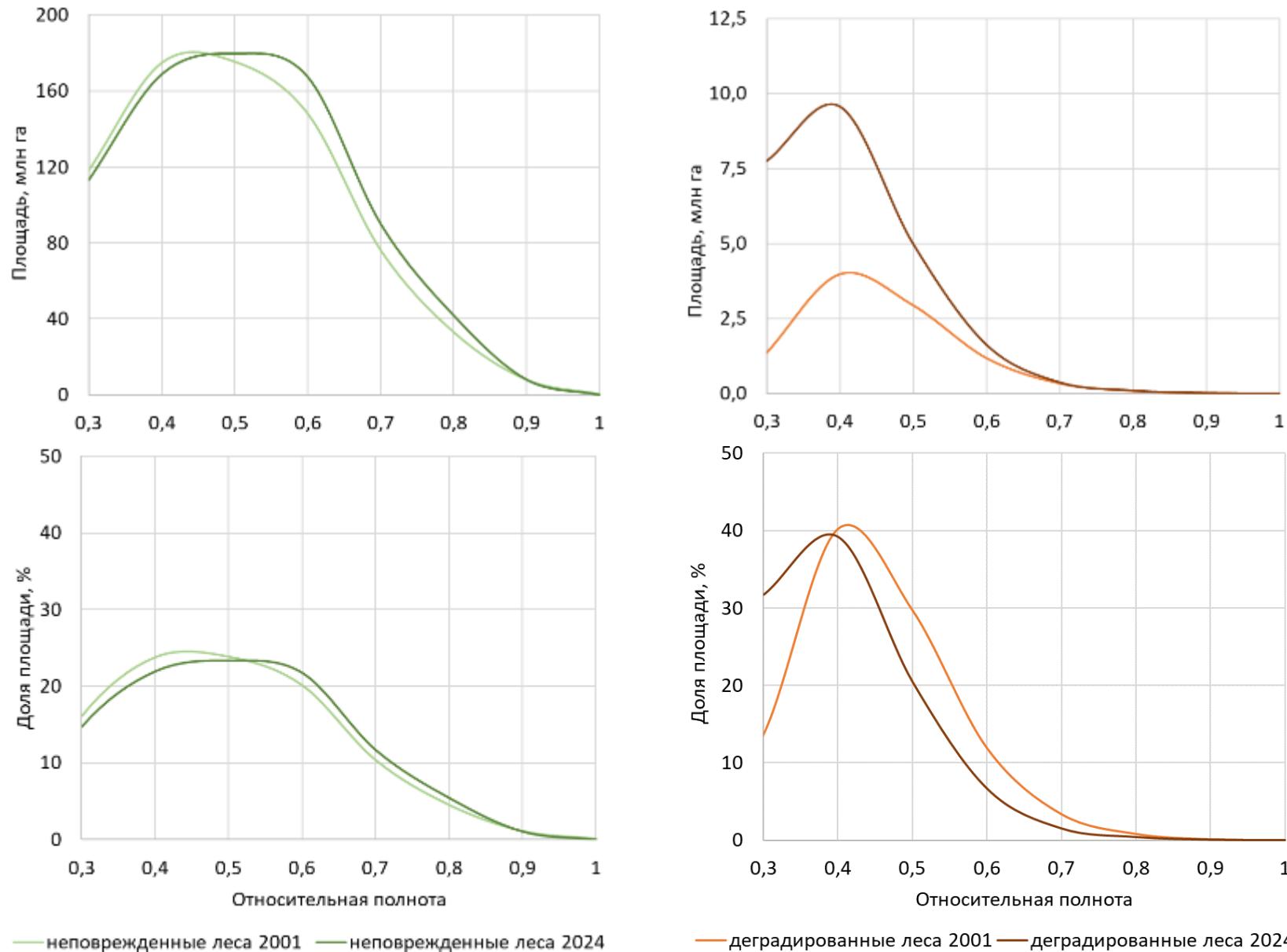
- **Гибель ДКР (черный цвет)** - пиксель отнесен к классу «погибшие» в текущий год или был ранее отнесен к классу «погибшие» и продолжает относиться к классу «гари» в текущем году
- **Повреждение ДКР (оранжевый цвет)** – пиксель относится к классу «гари» в текущем году, но не входит во множество погибших пикселей

# Оценка динамики площади лесов и редколесий



Несмотря на рост площади лесов, а также общей площади страны покрытой ДКР за рассматриваемый период, средняя относительная полнота ДКР снижается

# Сравнение распределений относительной полноты для неповрежденных и деградированных лесов

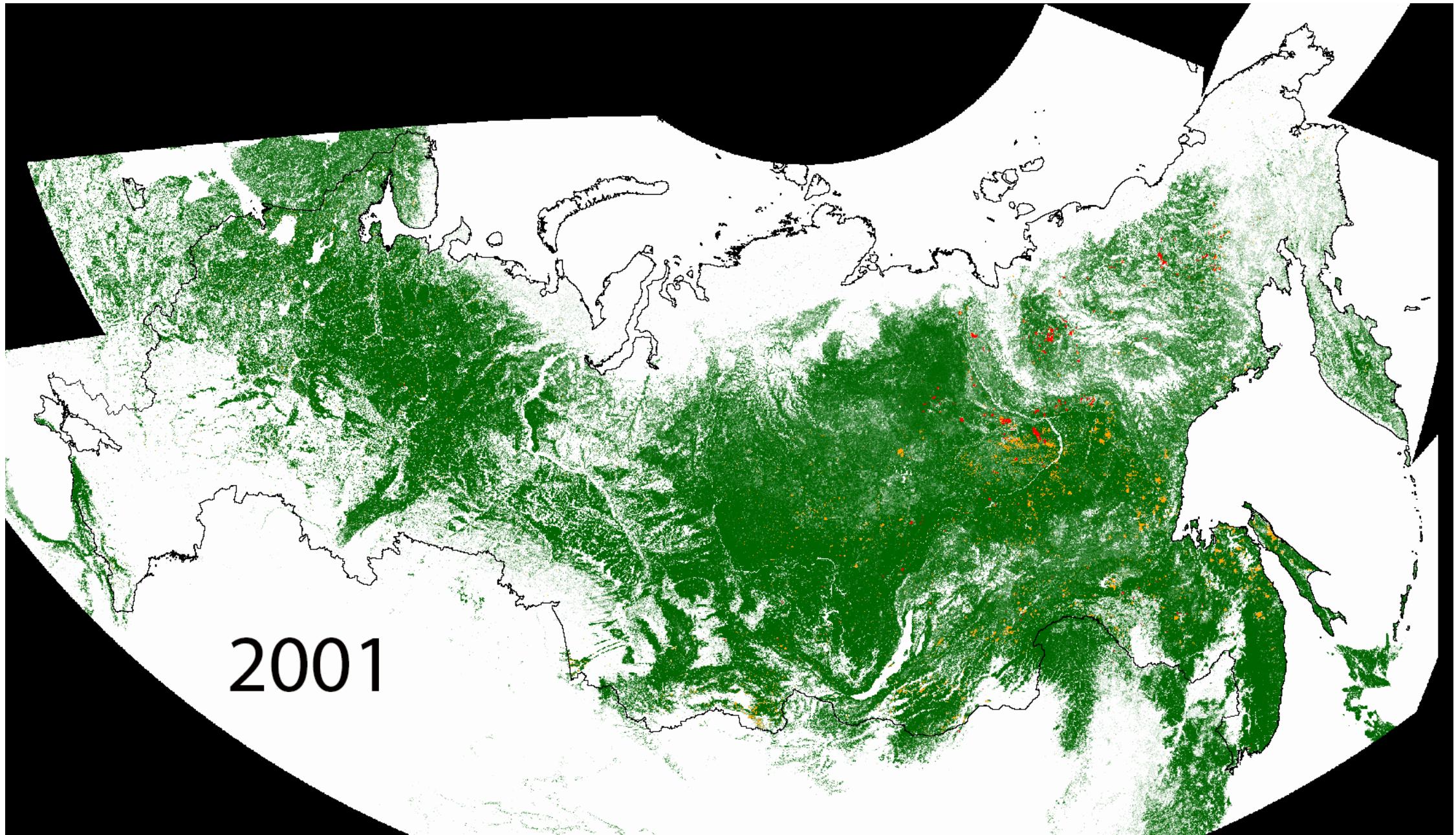


# Деструктивное воздействие пожаров на леса

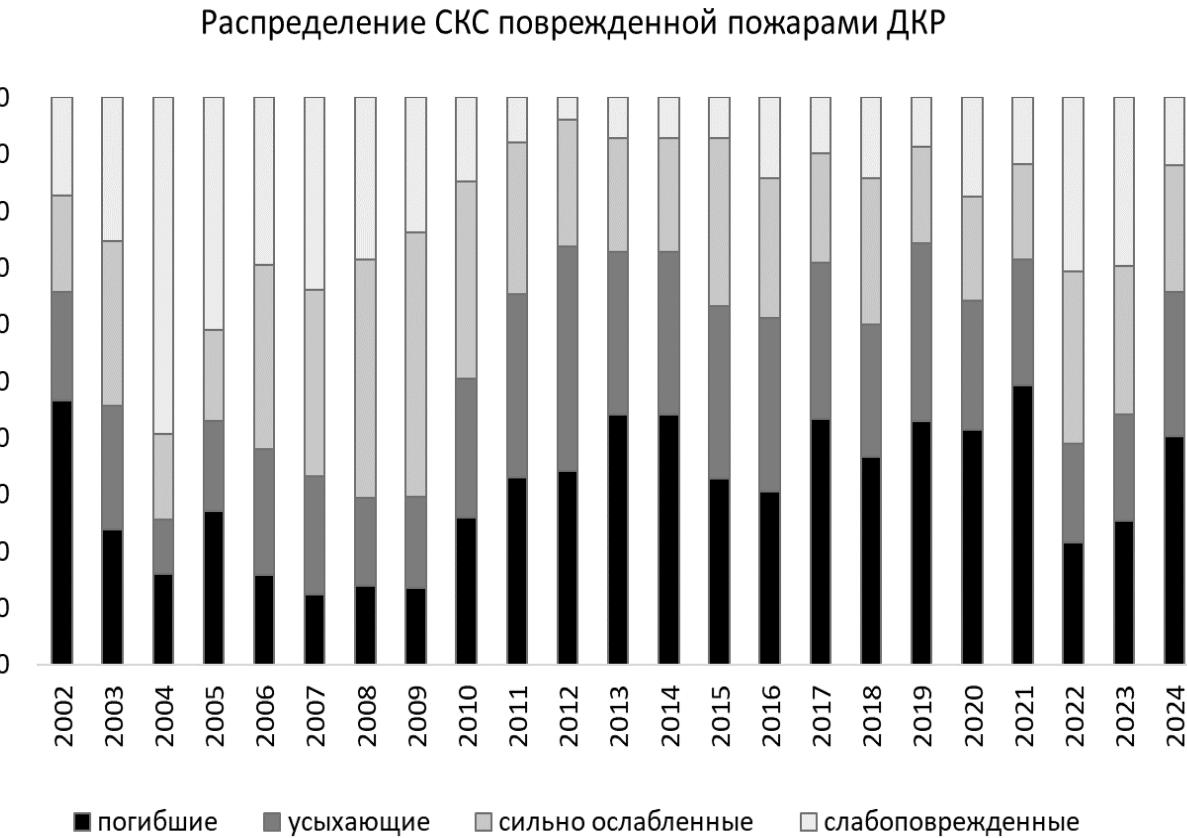
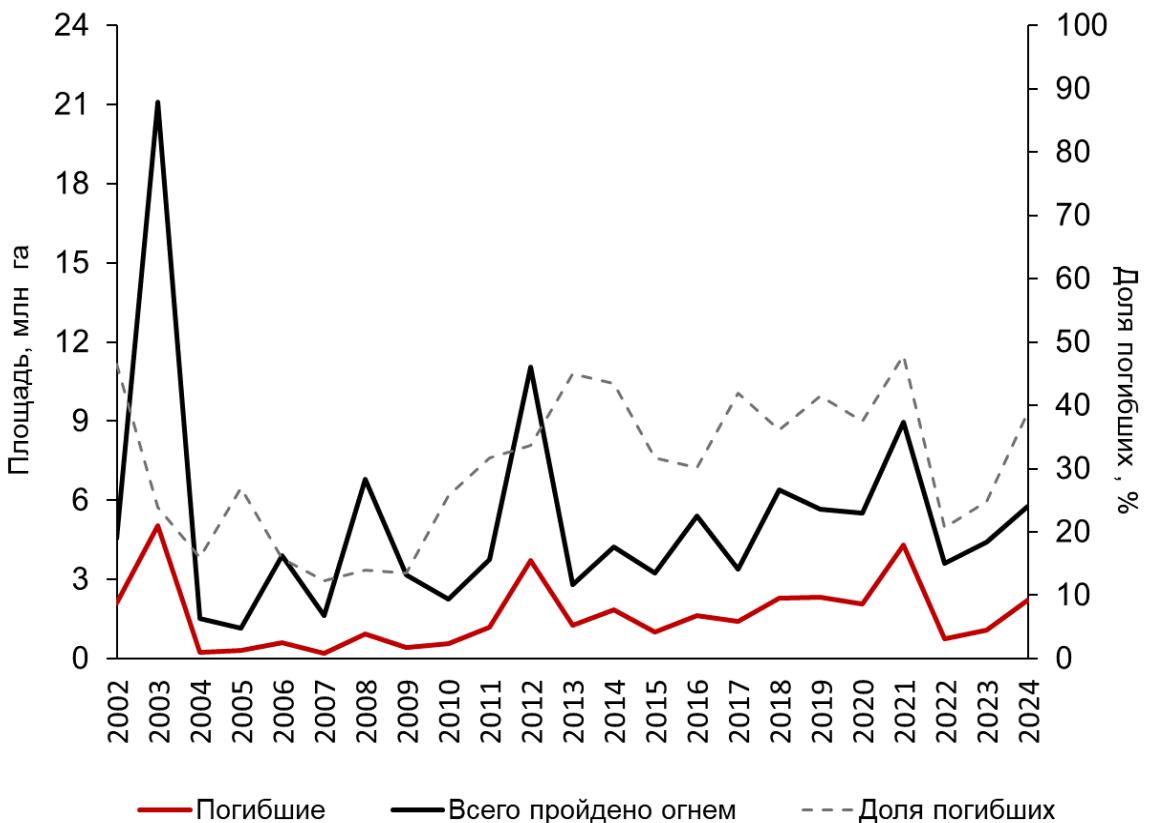
Где происходит основная гибель и повреждение лесов?

Какие и сколько лесов ежегодно гибнет и повреждается пожарами?

# Лесные пожары и поврежденные леса

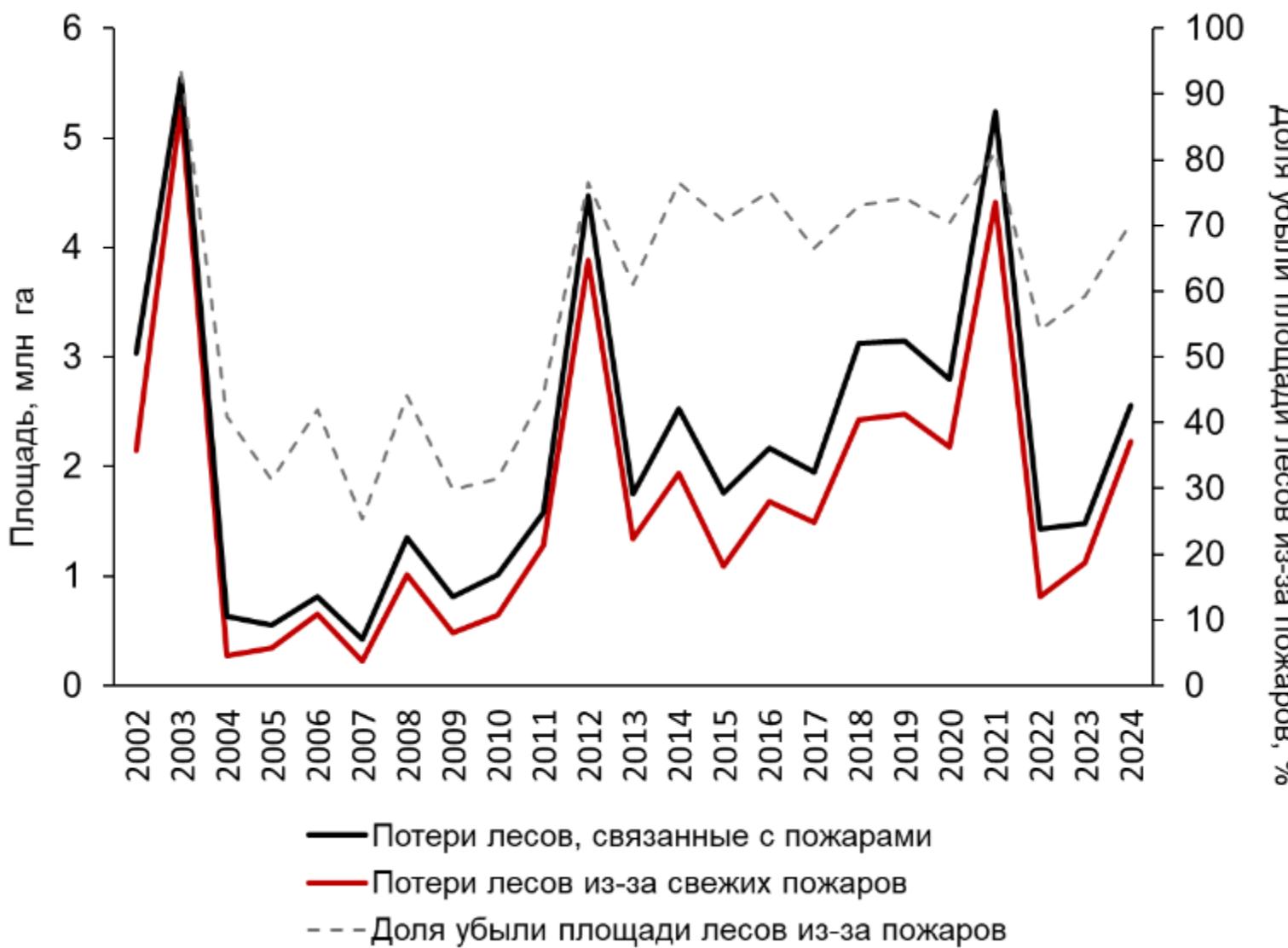


# Площадь гибели лесов от пожаров



- На графике представлена динамика площади пройденных огнем (поврежденных) и погибших лесов за рассматриваемый период. Данные получены на основе анализа построенных ежегодных карт лесов и данных о пирогенной степени повреждения.
- Несмотря на сильно меняющиеся год от года цифры пройденных огнем площадей, существует тенденция роста доли погибших лесов от пожаров.
- 2003, 2012, 2021 – экстремальные годы как по площади, пройденной огнем, так и по площади погибших насаждений

# Влияние лесных пожаров на сокращение площади лесов



На графике представлена динамика площади погибших лесов от свежих и старых (более года назад) пожаров за рассматриваемый период. Данные получены на основе анализа построенных ежегодных карт лесов и наземных экосистем, а также данных о пирогенной степени повреждения.

Максимум влияния пожаров приходится на 2003 год, когда вклад пожаров в сокращение площади лесов был около 90%. 2003, 2012, 2021 – экстремальные годы как по площади, пройденной огнем, так и по площади погибших насаждений.

# Карта преобладающих пород



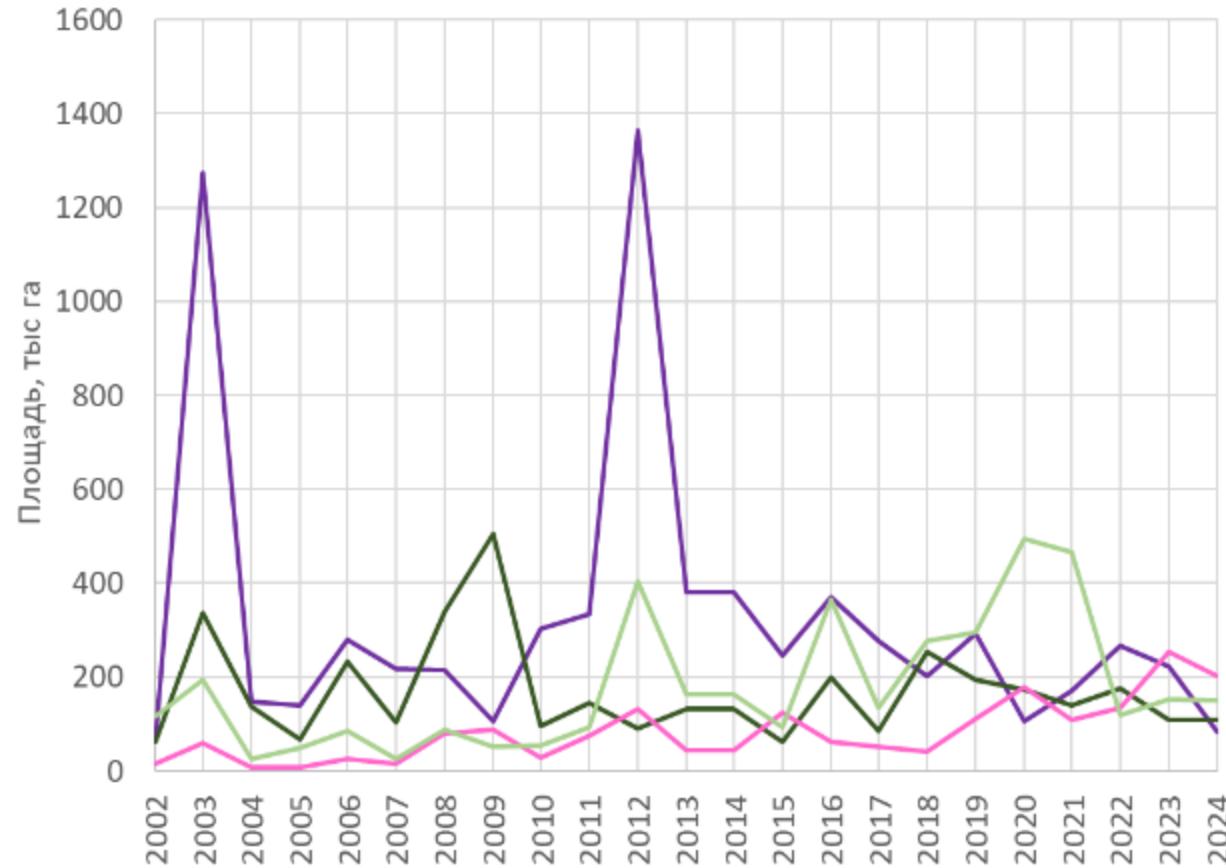
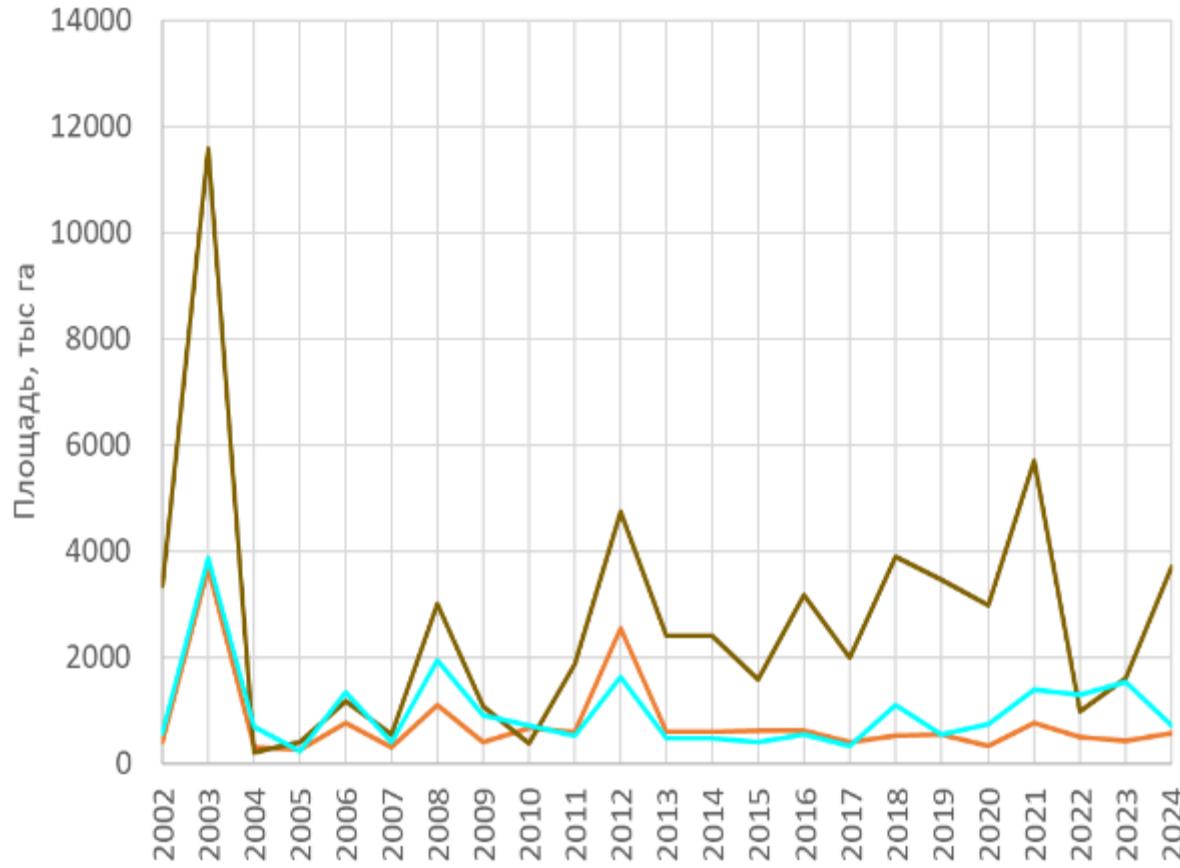
- Сосна - Сосняки
- Ель - Темнохвойные леса
- Пихта - Лиственничники
- Сибирский кедр - Лиственничники
- Лиственница, Редкая лиственница - Твердолистственные леса
- Дуб, Бук, Граб, Ясень, Клен, Вяз, Береза каменная - Твердолистственные леса
- Береза, Осина, Ольха серая, Ольха черная, Липа, Тополь, Ива - Мягколистственные леса
- Береза кустарниковая, Ива кустарниковая, Ольха кустарниковая - Кустарники
- Кедровый стланик - Кедровый стланик

# Соотношение площади неповрежденных и поврежденных пожарами лесов

Тип леса	Неповрежденные леса	Поврежденные леса		
		однократно	двукратно	три и более раз
Сосняки	86%	11.6%	1.8%	0.6%
Темнохвойные леса	95%	4.8%	0.2%	0%
Лиственничники	80%	17.4%	2.3%	0.4%
Твердолиственные леса	88%	7.9%	2.5%	1.6%
Мягколиственные леса	89%	8.4%	2%	0.6%
Кедровый стланик	93%	6.7%	0.3%	0%
Кустарники	89%	9.4%	1.3%	0.3%

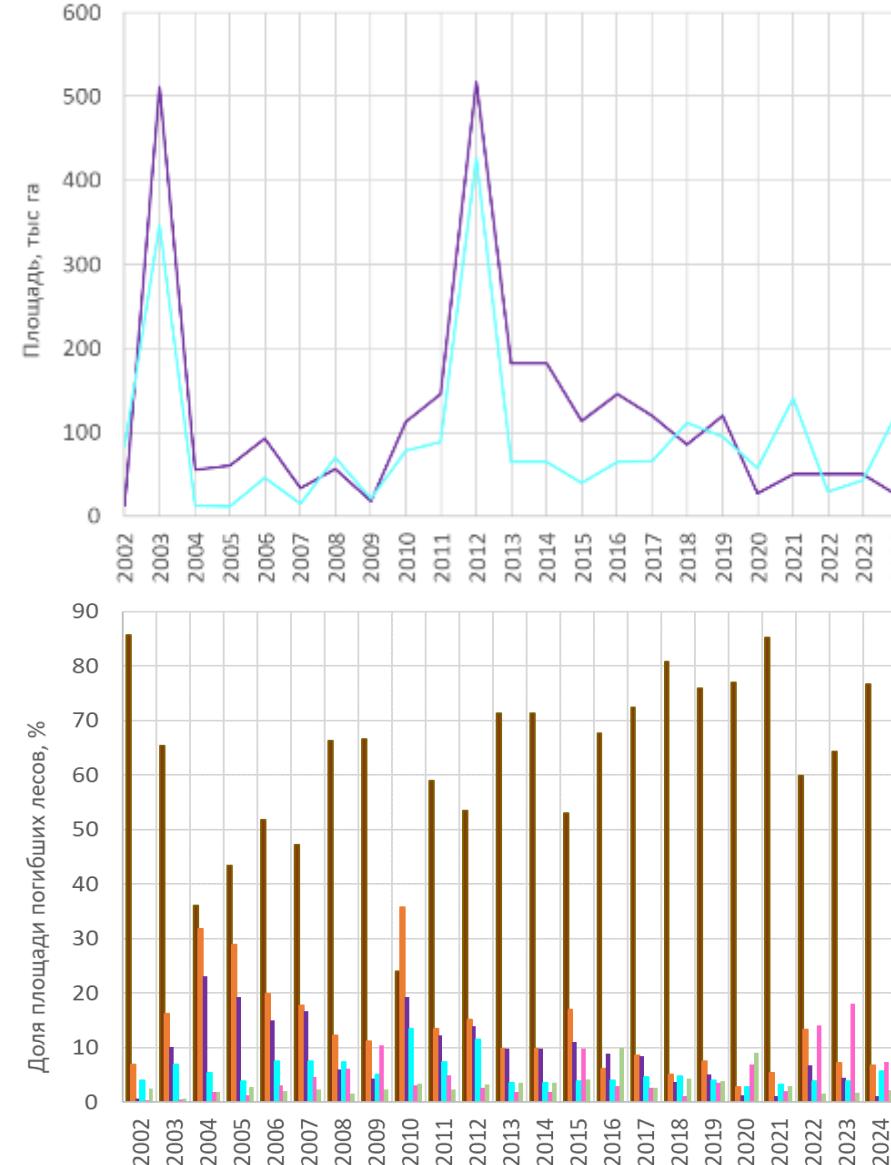
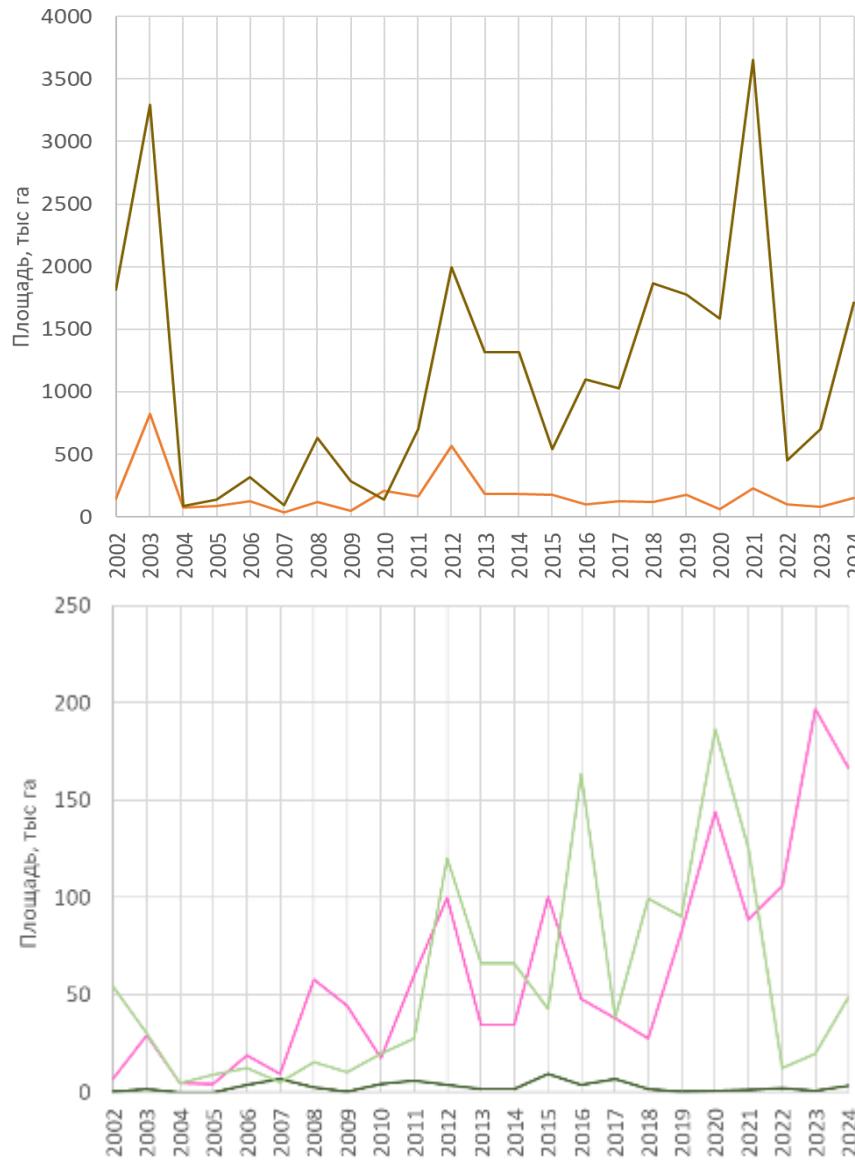
13% площади лесов были подвергнуты воздействию огня с 2001 по 2024 год, которое привело к гибели или деградации, из них **11.3%** площади горели один раз, **1.6%** площади – два раза и **0.1%** – три и более раз  
**87%** площади лесов остается неповрежденными

# Площадь поврежденных пожарами лесов разных типов



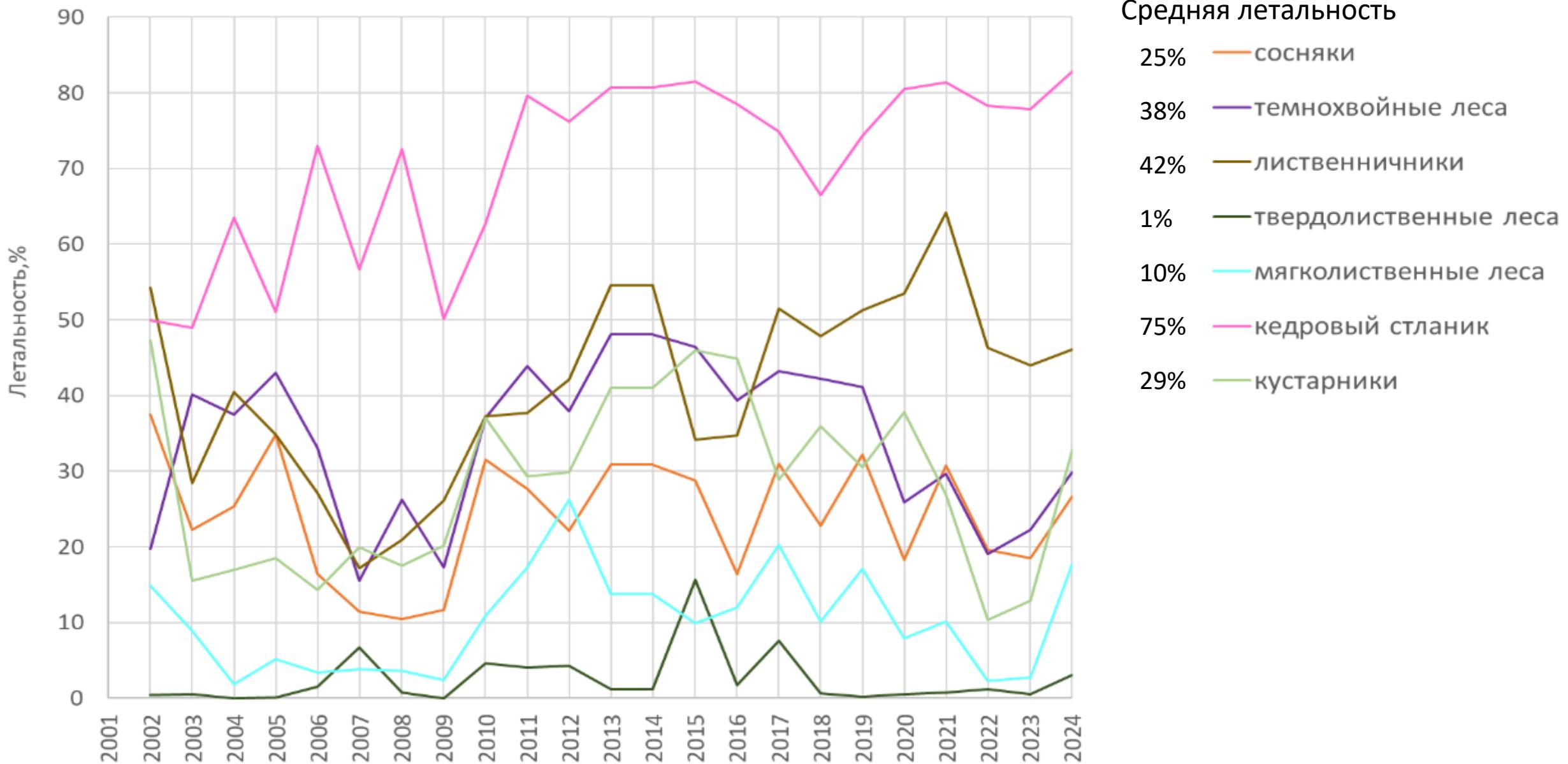
Графики получены на основе анализа данных о степени повреждения, построенных масок лесов и карта преобладающих пород за год до пожара

# Гибель лесов от пожаров в разрезе типов лесов



■ лиственничники ■ мягколиственные леса ■ сосняки ■ кустарники ■ темнохвойные леса ■ твердолиственные леса ■ кедровый стланик

# Летальность в разных типах лесов



# Постпожарное лесовосстановление

Как быстро гари восстанавливаются?

# Оценка лесовосстановления на гарях на основе временных рядов спутниковых продуктов

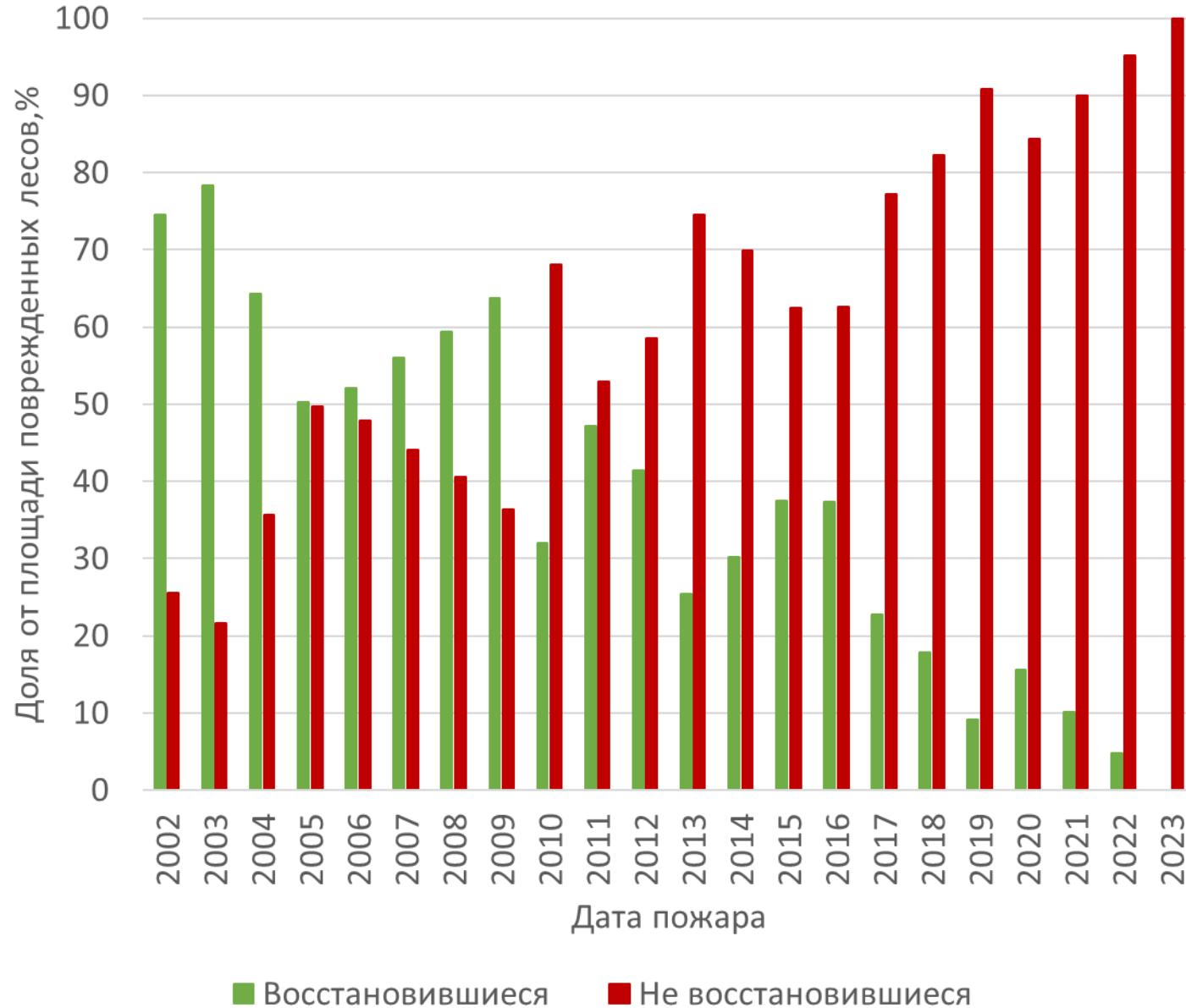
Временной ряд карт типов наземных экосистем



В качестве искомой характеристики оценивается длительность периода нахождения в классе «лесные гари» с момента зафиксированного повреждения = **время восстановления**

Активация Windows  
Чтобы активировать Windows

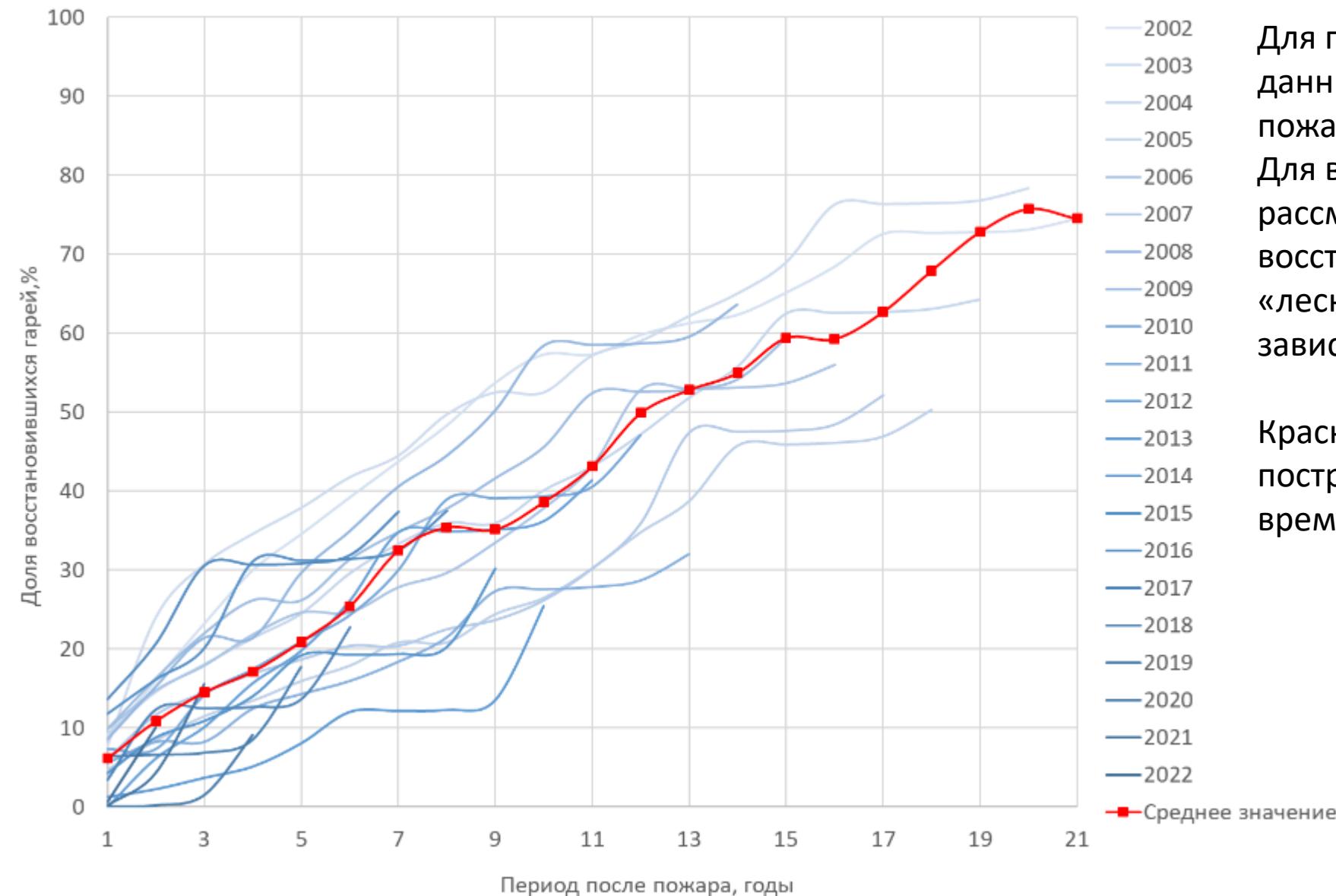
# Анализ состояния поврежденных пожарами лесов



На графике приведено соотношение восстановившихся и не восстановившихся площадей поврежденных лесов для пожаров разных лет на момент конца наблюдения (2024 год). Видно, что доля восстановившейся площади зависит от времени, которое прошло после пожара.

Примерно **9 млн га** лесов остаются деградированными на протяжении всего периода наблюдения, что составляет **1.13-1.21%** от общей площади лесов.

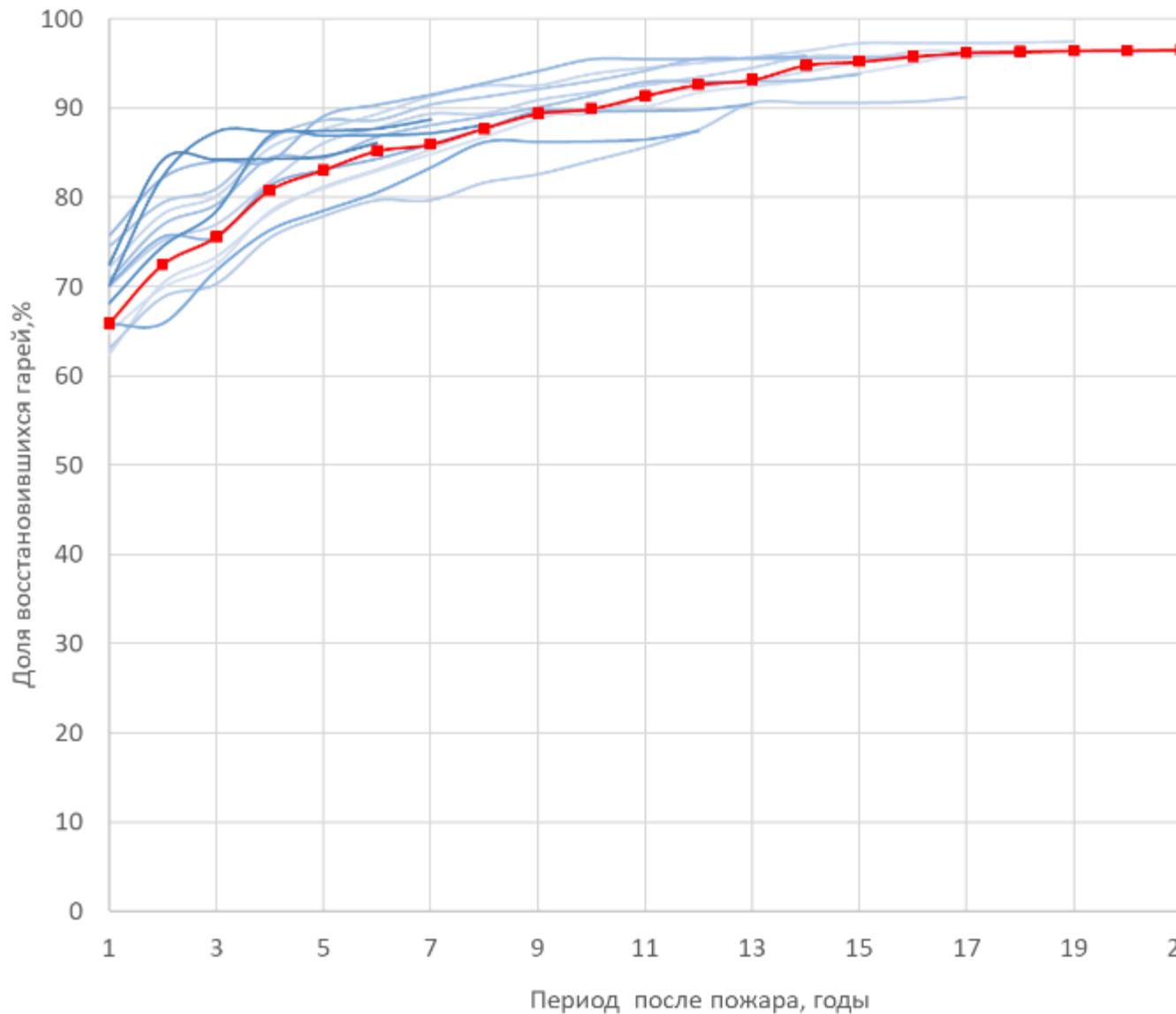
# Анализ времени восстановления лесов, поврежденных пожарами в период 2002-2024 годов



Для построения кривых использовались данные о степени повреждения лесов пожарами и карты наземных экосистем. Для всех пройденных огнем лесов в рассматриваемый год оценивалась доля восстановившейся (вышедшей из класса «лесных гарей») площади лесов в зависимости от времени после пожара

Красная кривая – усреднение значение построенных кривых в зависимости от времени, прошедшего после пожара

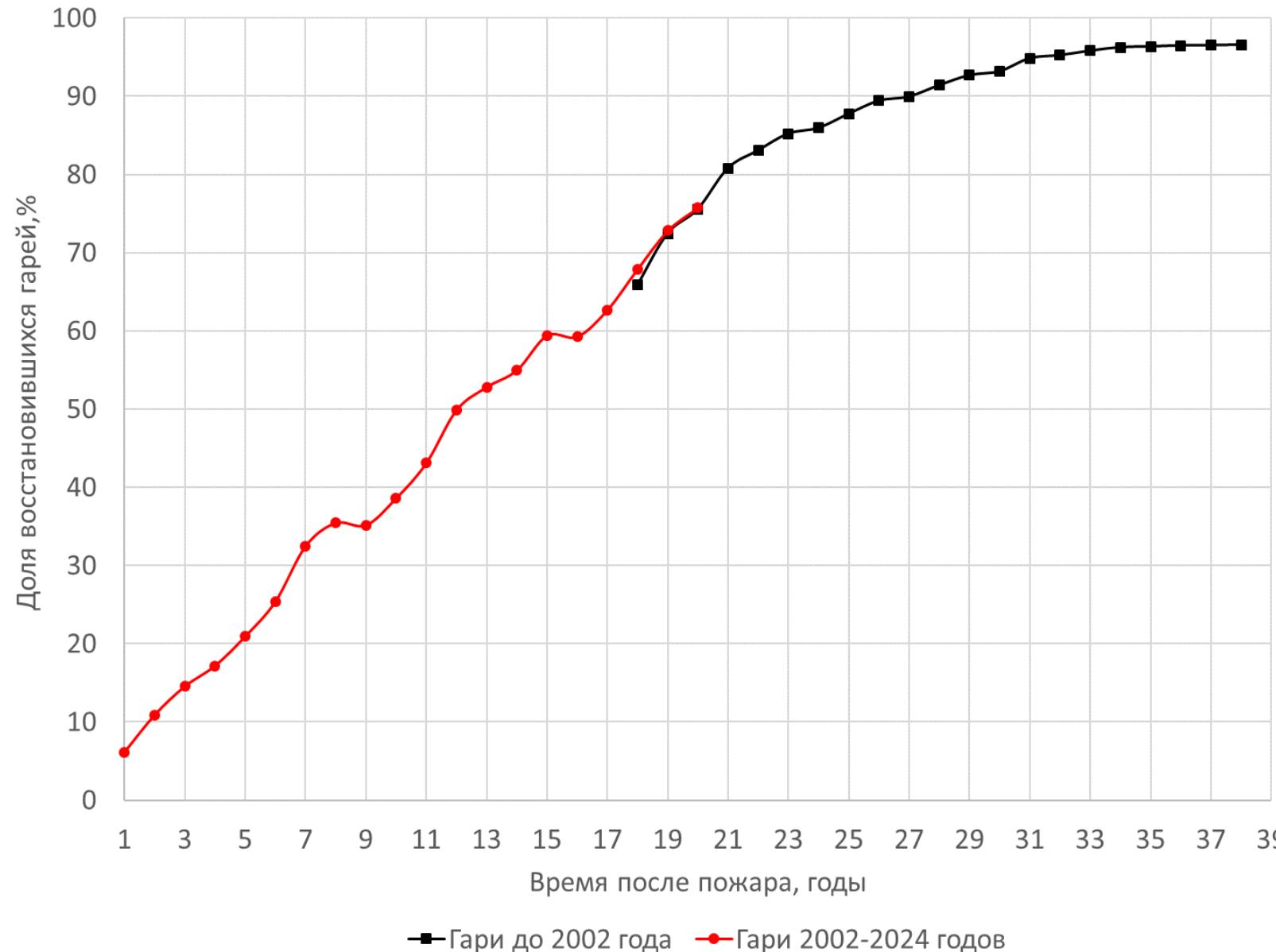
# Анализ времени восстановления лесных гарей 2001 года



- 2002 Для построения кривых использовались
- 2003 данные о степени повреждения лесов
- 2004 пожарами и карты наземных экосистем. В
- 2005 анализе участвовали гари, уже случившиеся
- 2006 к 2002 году. Кривые рассчитывались
- 2007 аналогично, но в качестве данных
- 2008 использовались гари текущего года, ставшие
- 2009 гарами до 2002 года.

— 2009 Красная кривая – усреднение значение  
— 2010 построенных кривых в зависимости от  
— 2011 времени, прошедшего после пожара

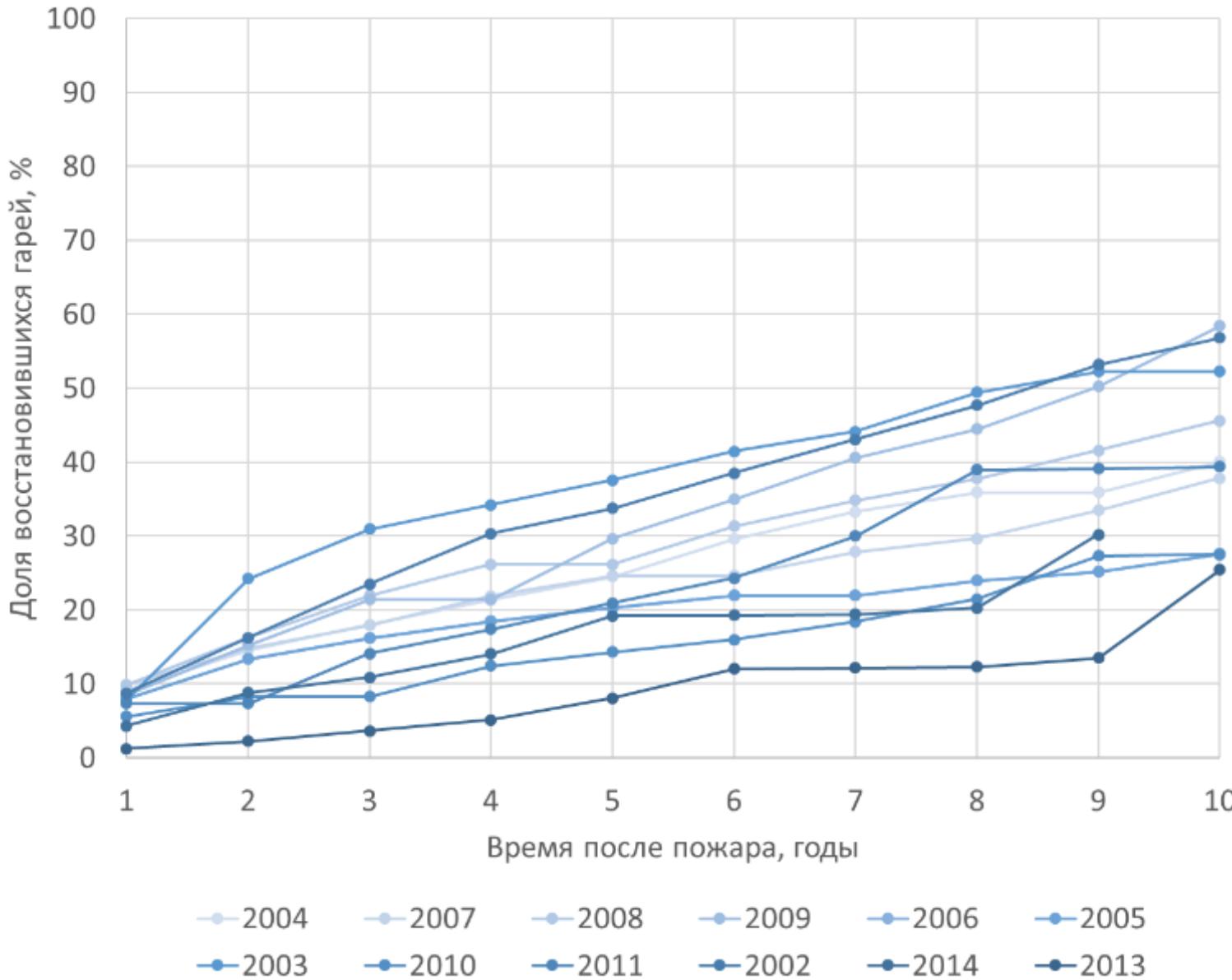
# Анализ времени восстановления лесов поврежденных пожарами



Совмещая две построенные кривые зависимости вероятности восстановления гарей от периода, прошедшего после пожара, можно оценить средний срок восстановления лесов после пожаров. Он составляет около 30 лет.

Можно заметить, что построенная кривая хода восстановления никогда не достигает 100%, что означает, что часть территории не восстанавливается

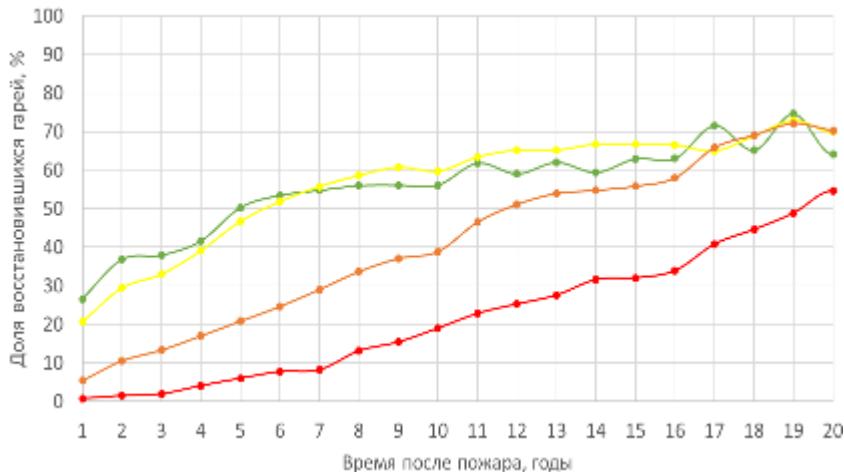
# Зависимость времени восстановления от степени повреждения



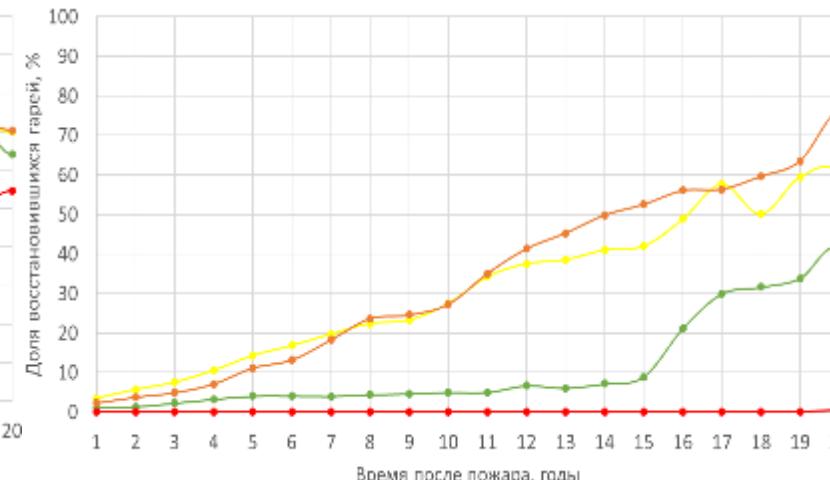
На графике представлены полученные зависимости вероятности восстановления гаражей от времени после пожара, рассчитанные для гаражей разных лет. Гаражи разных лет упорядочены по значению средней величины степени повреждения за данный год от бледно голубого – самая низкая степень повреждения – до темного синего – самая высокая степень повреждения.

# Зависимость скорости восстановления от породы и степени повреждения

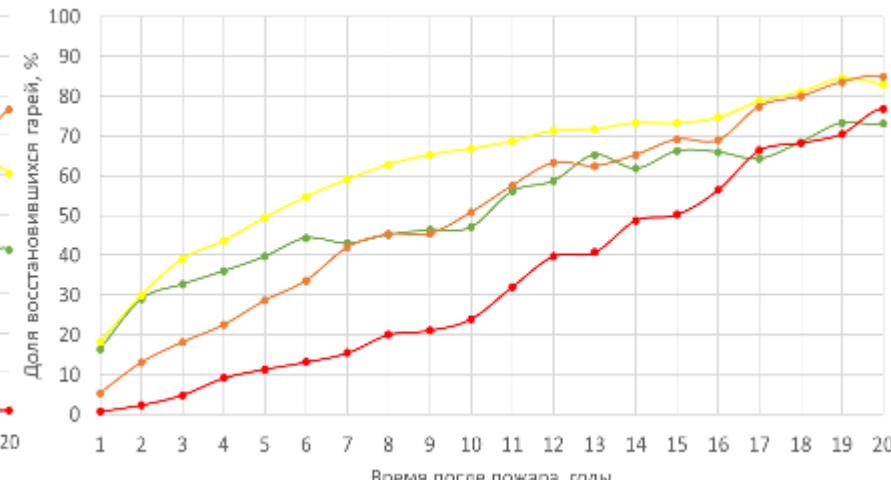
## Сосновые леса



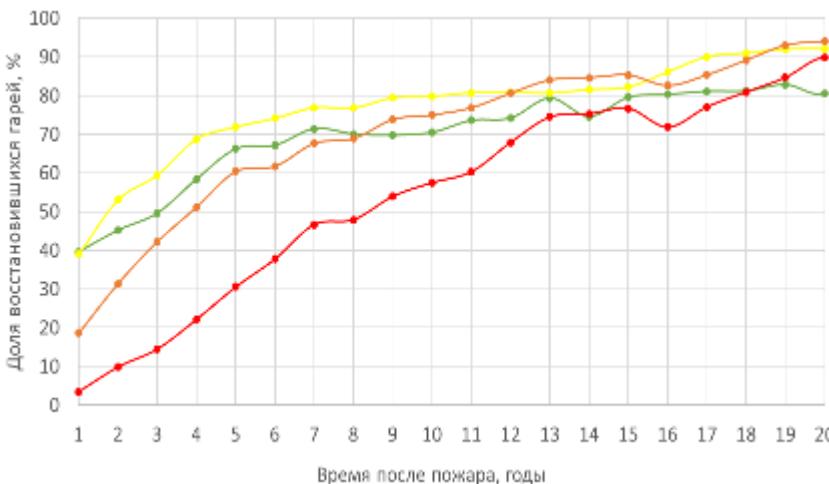
## Темнохвойные леса



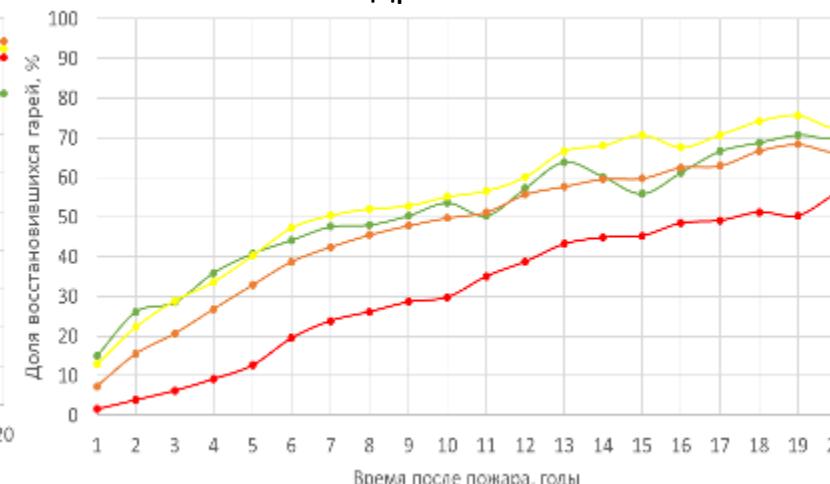
## Лиственничные леса



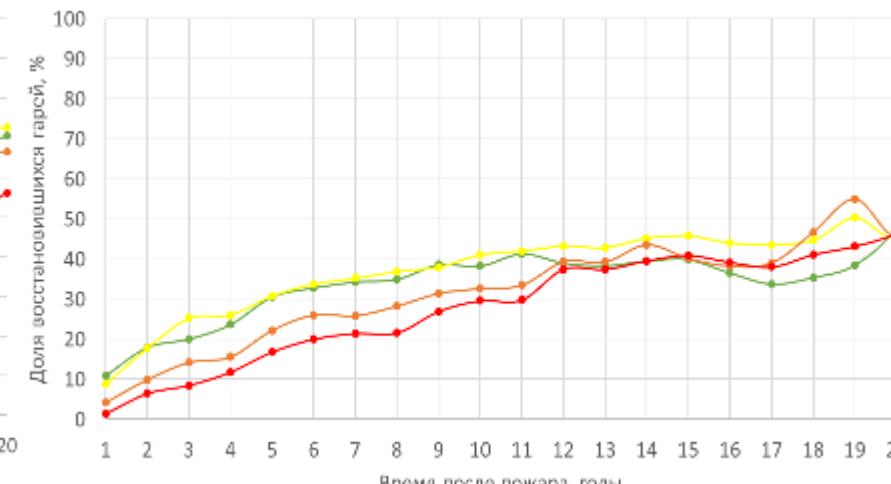
## Мягколиственные леса



## Кедровый стланик



## Кустарники



Слабоповрежденные

Сильно ослабленные

Усыхающие

Погибшие

# Спасибо за внимание!

Исследования проведены при поддержке Минобрнауки РФ (тема «Мониторинг»,  
госрегистрация № 122042500031-8) с использованием возможностей Центра коллективного  
пользования «ИКИ-Мониторинг»