

# Оценка динамики площади лесов России по данным спутниковых наблюдений

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

# Актуальность задачи оценки площади лесов

- Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО ООН) в 2020 году покрытая лесом площадь России составляла около **20% площади лесов мира** 815 млн га (<https://www.fao.org/interactive/forest-resources-assessment/2020/ru/>).
- Площадь лесов относится к числу наиболее важных показателей, интегрально характеризующих **экологический, промышленный и экономический потенциал** страны.
- Изменение площади лесов во времени может служить ключевым индикатором **устойчивого управления** ими, включая реализацию принципов неистощительного лесопользования, эффективность выполнения функций по их охране, защите и воспроизводству.
- Динамика площади лесов также может отражать и меняющиеся **климатические условия**, что наиболее выражено может проявляться в переходных биотопах, таких как, например, лесотундра и лесостепь.
- Многолетние исследования показывают, что леса ежегодно претерпевают масштабные, охватывающие миллионы гектаров площади, **изменения** под воздействием природных (пожары, биогенные усыхания, экстремальные метеорологические явления) и антропогенных (вырубки, техногенные загрязнения) факторов.
- По данным Счетной палаты РФ лишь для **15% площади** российских **лесов** имеется относительно актуальная информация, давность получения которой **не превышает 10 лет**. При этом леса значительных по площади северных регионов Центральной Сибири и Дальнего Востока были обследованы приближенными аэровизуальными методами в середине прошлого столетия.
- Данные оптических систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) являются основным источником **регулярной информации** о состоянии и изменениях лесного покрова и успешно используются для оценки **структурных и биофизических характеристик лесов**.
- Оценки площади лесов полученные по данным ДЗЗ не всегда согласуются с официальными данными о лесных площадях из-за разной трактовки понятия «покрытые лесом земли».



# Оценки площади лесов России по официальным данным

Недостатки сведений о площади покрытых лесной растительностью земель по данным официальной статистической отчетности:

- ✓ Расхождение в оценках площади лесов по данным разных ведомств;
- ✓ Недоучет Рослесхозом лесов, произрастающих за пределами земель ЛФ, ООПТ, обороны и безопасности, населенных пунктов;
- ✓ Недостаточные объемы лесоустроительных работ и отсутствие работ по инвентаризации и обследованию земель для проведения регулярной актуализации характеристик лесной растительности.

# Управляемые леса

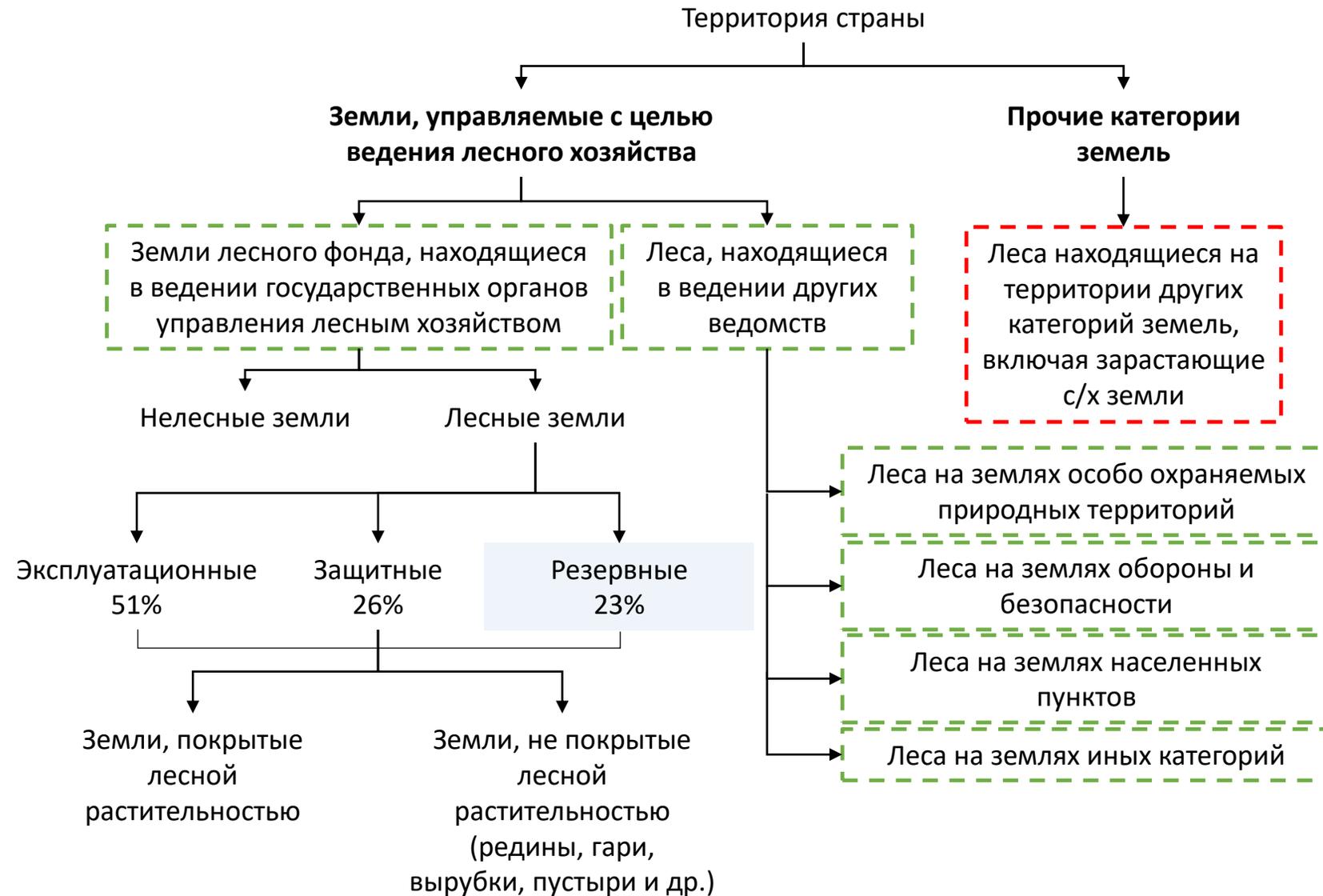
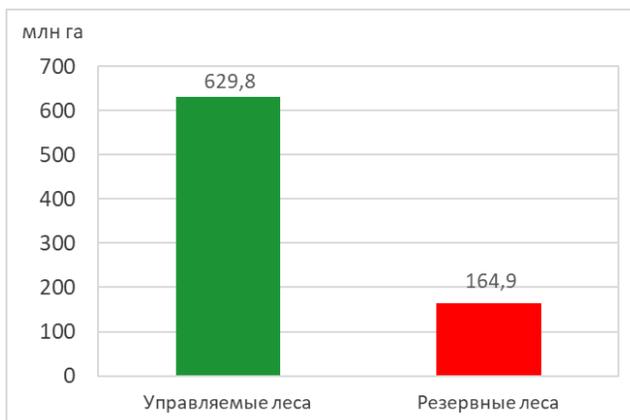
Управляемые леса – это леса, в которых ведется систематическая антропогенная деятельность по использованию, охране, защите, воспроизводству лесов.

Управление лесами – это комплекс лесохозяйственных мероприятий:

- Государственный учет лесов, занесение сведений о лесах в ГЛР;
- Мероприятия по лесоустройству;
- Государственная инвентаризация лесов;
- Мероприятия по сохранению лесов;
- Планирование в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов и др.

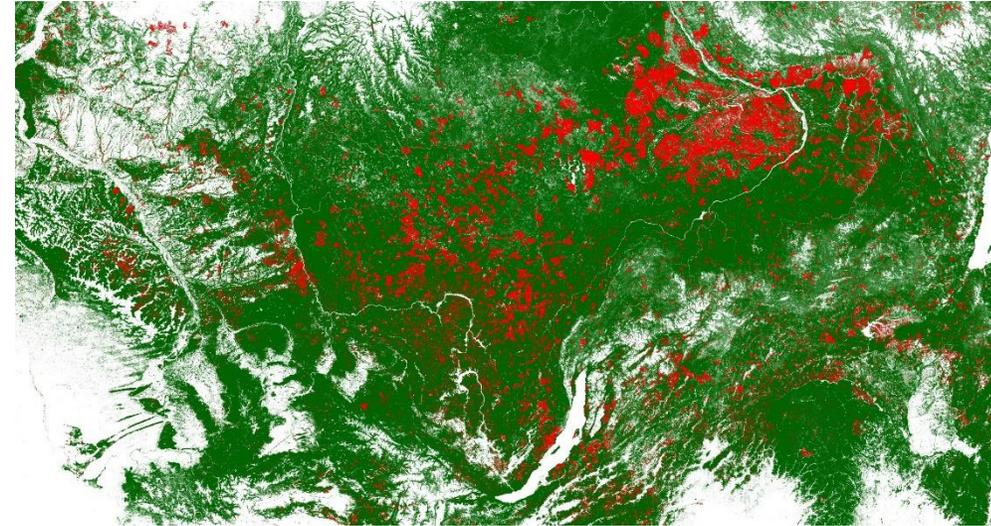
**Управляемые леса – это леса, расположенные на землях, обеспеченных материалами лесоустройства, за исключением резервных лесов.**

Площади покрытых лесной растительностью лесных земель для разных категорий лесов



# Оценки площади лесов России по официальным данным и спутниковым продуктам

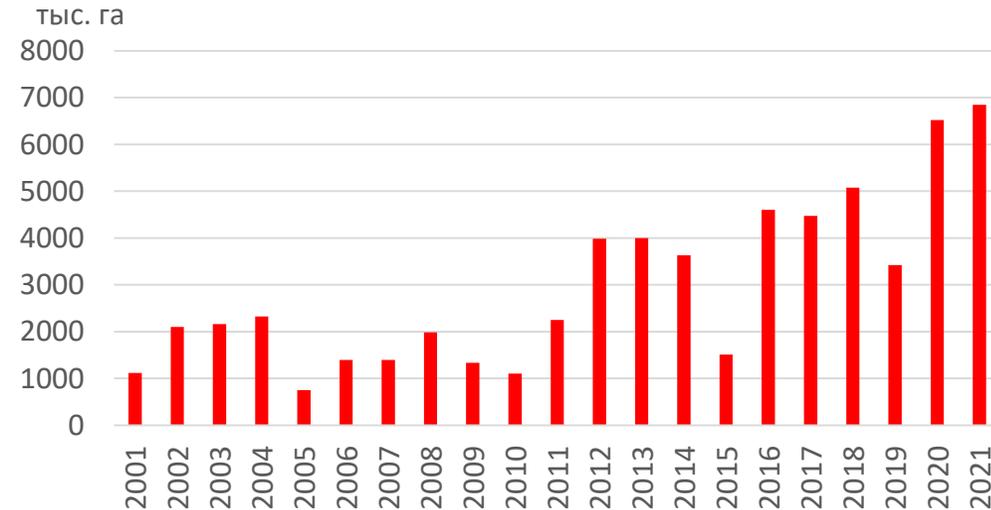
Фрагмент карты суммарной потери лесов и динамика их площади их по данным GFC \*\*



Динамика покрытых лесной растительностью лесных земель по данным Рослесхоза\*

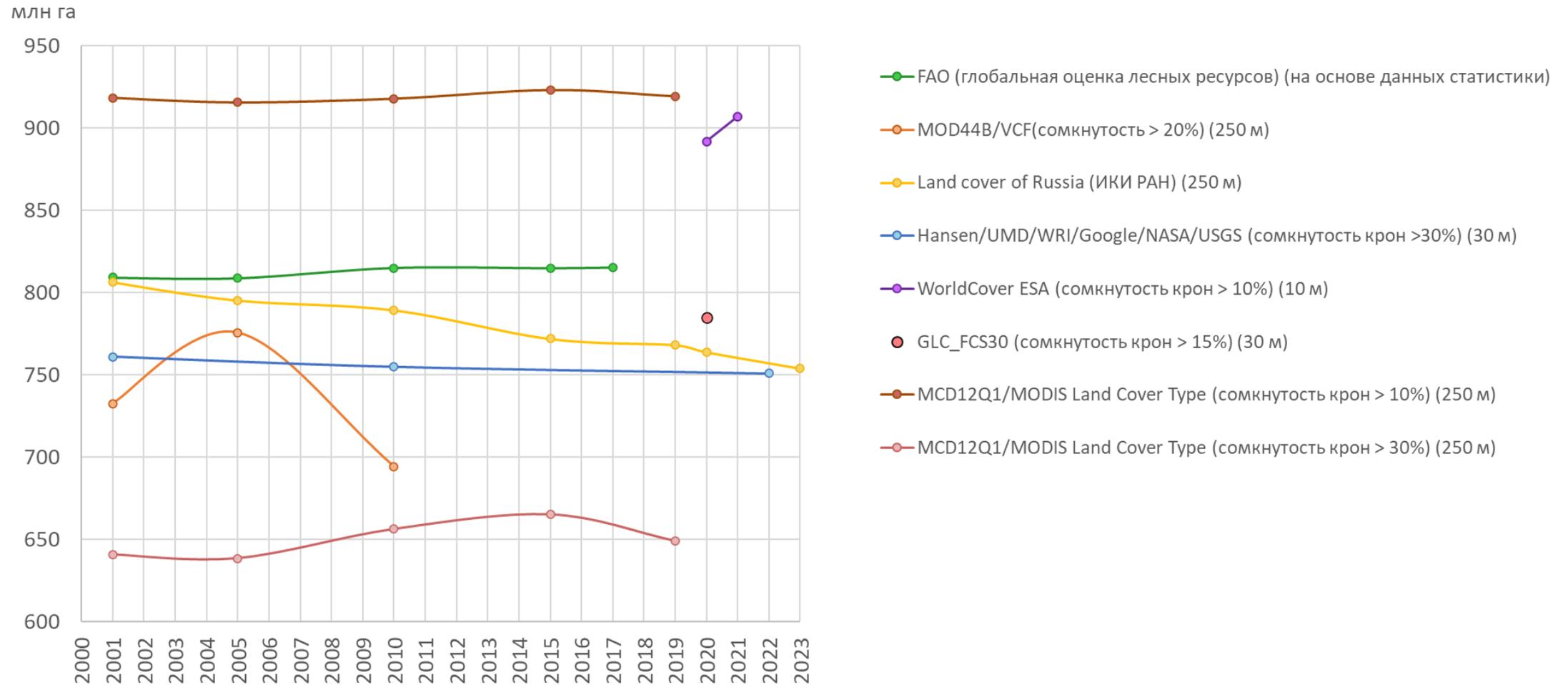


\*Лесной фонд, ООПТ, обороны и безопасности, населенных пунктов, иных категорий



\*\*Hansen M., Potapov P., Moore R., Hancher M., Turubanova S., Tyukavina A., Thau D., Stehman S., Goetz S., Loveland T., Kommareddy A.I, Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // Science (New York, N.Y.). 2013. Vol. 342. P. 850-853.

# Оценки площади лесов России по различным спутниковым продуктам



Оценки значений площади лесного покрова, полученные разными исследователями, имеют существенный диапазон разброса значений. Это обуславливается различиями в определении понятия «лес», влиянием пространственного разрешения спутниковых тематических продуктов, использованием различных значений показателей сомкнутости крон, невозможностью отражать региональные особенности идентификации лесов при использовании глобального подхода. Кроме того, оценка результатов различных исследований выявила несовпадающие тенденции изменения площади лесов России: по одним оценкам площадь лесов сокращается в последние десятилетия, а по другим оценкам – увеличивается.

# Что понимается под понятием лес?

Определение ФАО:

- **Леса** – земельные участки площадью более 0,5 га с деревьями высотой более 5 м и сомкнутостью полога более 10%, или с деревьями, способными достичь этих пороговых значений in situ. К их числу не относятся земельные участки, находящиеся преимущественно в сельскохозяйственном или городском землепользовании;

Определение Рослесхоза:

- **Земли, на которых расположены леса** – земли лесного фонда и земли иных категорий, на которых расположены леса (Приказ Росстата от 14.11.2017 №754 )
- К землям лесного фонда относятся **лесные земли** и нелесные земли. К лесным землям относятся земли, на которых расположены леса, и земли, предназначенные для лесовосстановления (вырубки, гари, редины, пустыри, прогалины и другие). К нелесным землям относятся земли, необходимые для освоения лесов (просеки, дороги и другие), и земли, неудобные для использования (болота, каменистые россыпи и другие) (Лесном кодексе).
- **Лесные земли, покрытые лесной растительностью** (Лесоустроительная инструкция):
  - Земли, занятые **лесными насаждениями** естественного и искусственного происхождения с **полнотой** 0,4 доли единицы и выше в возрасте молодняков и с **полнотой** 0,3 доли единицы и выше в возрасте, превышающем возраст молодняков;
  - Земли, занятые **кустарниками**, на которых в силу естественно-географических условий не могут произрастать древесные породы или на которых специально организуются кустарниковые хозяйства (прутяных и высокотаннидных ив, орехоплодных, технических культур);
  - плантации лесных древесных пород, предназначенные для ускоренного выращивания лесных насаждений с целью получения целевых сортиментов или древесной массы для последующей переработки.

# Ежегодные карты доли площади древесно-кустарниковой растительности

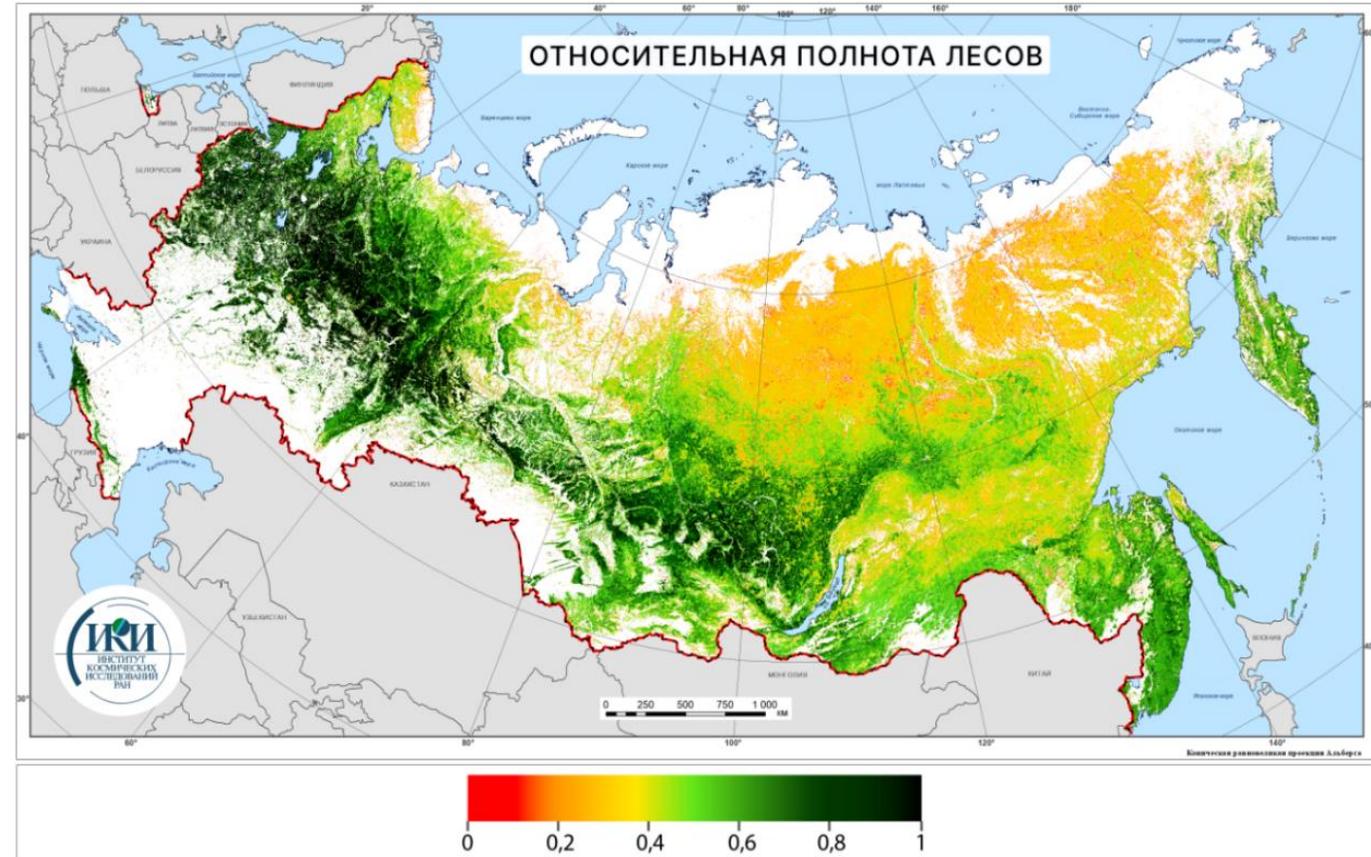
Карта лесистости отображает долю площади пикселя данных MODIS, покрытую древесно-кустарниковой растительностью. Метод оценки лесистости территории по данным спутниковой съемки основывается на моделировании связи между спектрально-отражательными характеристиками земной поверхности по данным ДЗЗ и измерениями искомой характеристики, на основе данных высокого разрешения и наземных измерений.



На основе опорной выборки, содержащей более 595 млн элементов и карты лесистости территорий по состоянию на 2020 год была получена попиксельная оценка погрешности. Средняя величина отклонения, рассчитанная по опорной выборке, составила 4,22%.

# Ежегодные карты относительной полноты лесов

Карта относительной полноты лесов, характеризует среднюю относительную полноту древостоев, находящихся в пределах рассматриваемого пикселя данных MODIS. Метод оценки относительной полноты насаждений по данным спутниковой съемки основывается на моделировании связи между спектрально-отражательными характеристиками земной поверхности по данным ДЗЗ и наземными измерениями искомой характеристики.



Оценка точности определения относительной полноты лесов по спутниковым данным ДЗЗ выполняется на основе данных опорной выборки, содержащей более 117 млн элементов и построенной карты относительной полноты 2020 года. Среднеквадратичная ошибка оценки относительной полноты (RMSE) составила 0,06 в долях единицы.

# Ежегодные карты типов наземных экосистем

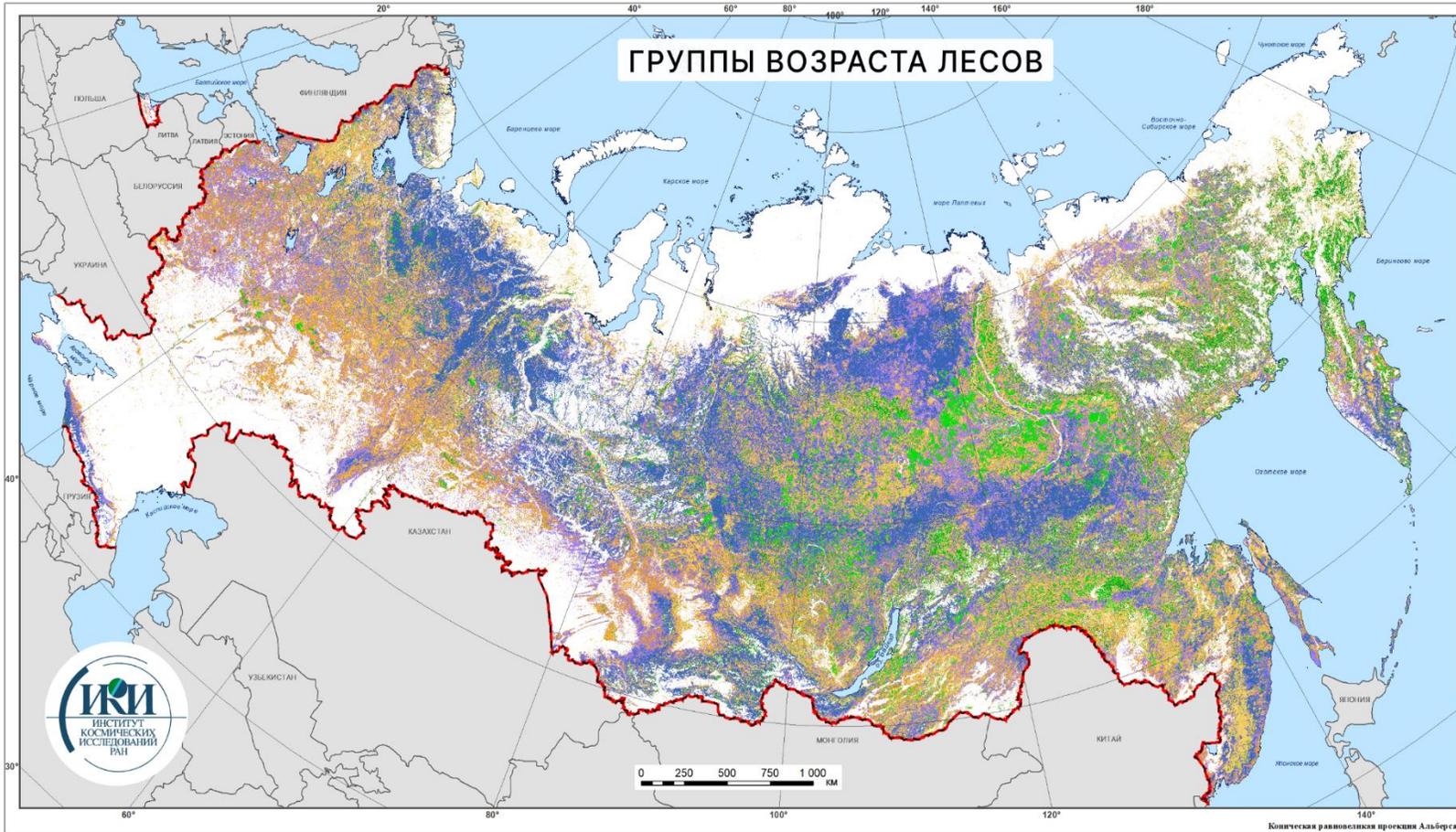


ТИПЫ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ:

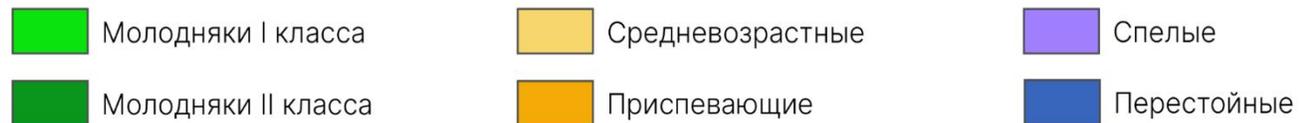
ЛЕСА:	ТРАВЯНО-КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ:	ТУНДРА:	НЕ ПОКРЫТЫЕ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ЗЕМЛИ:
Темнохвойные вечнозеленые	Луга	Кустарничковая	Открытые грунты и выходы горных пород
Светлохвойные вечнозеленые	Степи	Осоковая	Водные объекты
Лиственные	Хвойные вечнозеленые кустарники	Кустарниковая	Урбанизированные территории
Смешанные с преобладанием хвойных	Лиственные кустарники	<b>ПРОЧАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ:</b>	Вечные снега и льды
Смешанные	<b>ВОДНО-БОЛОТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ:</b>	Гари	
Смешанные с преобладанием лиственных	Болота	Пахотные земли	
Хвойные листопадные (лиственничные)	Прибрежная растительность		
Редины хвойные листопадные			

- Карта типов наземных экосистем России отображает собой доминирующий тип земного покрова в пикселе данных.
- Для классификации растительного покрова используются упомянутые выше композитные изображения трех сезонов (весна, лето, осень) в трех спектральных каналах (b1: 0.47 мкм , b2: 0.56мкм, b6: 1.64 мкм) и композит, полученный в момент наличия снежного покрова в двух каналах (b1: 0.47 мкм , b2: 0.56 мкм)
- В качестве основы для построения обучающей выборки карта наземных экосистем Северной Евразии и материалы ЦО ГИЛ
- Метод картографирования растительного покрова использует ежегодно динамически обновляемую выборку эталонов типов земного покрова для настройки локально адаптивной модели классификации
- Дополнительным источником данных о типах покрова служат маски пахотных земель, вечных снегов и пройденных пожарами территории и гибели лесов

# Ежегодные карты групп возраста лесов



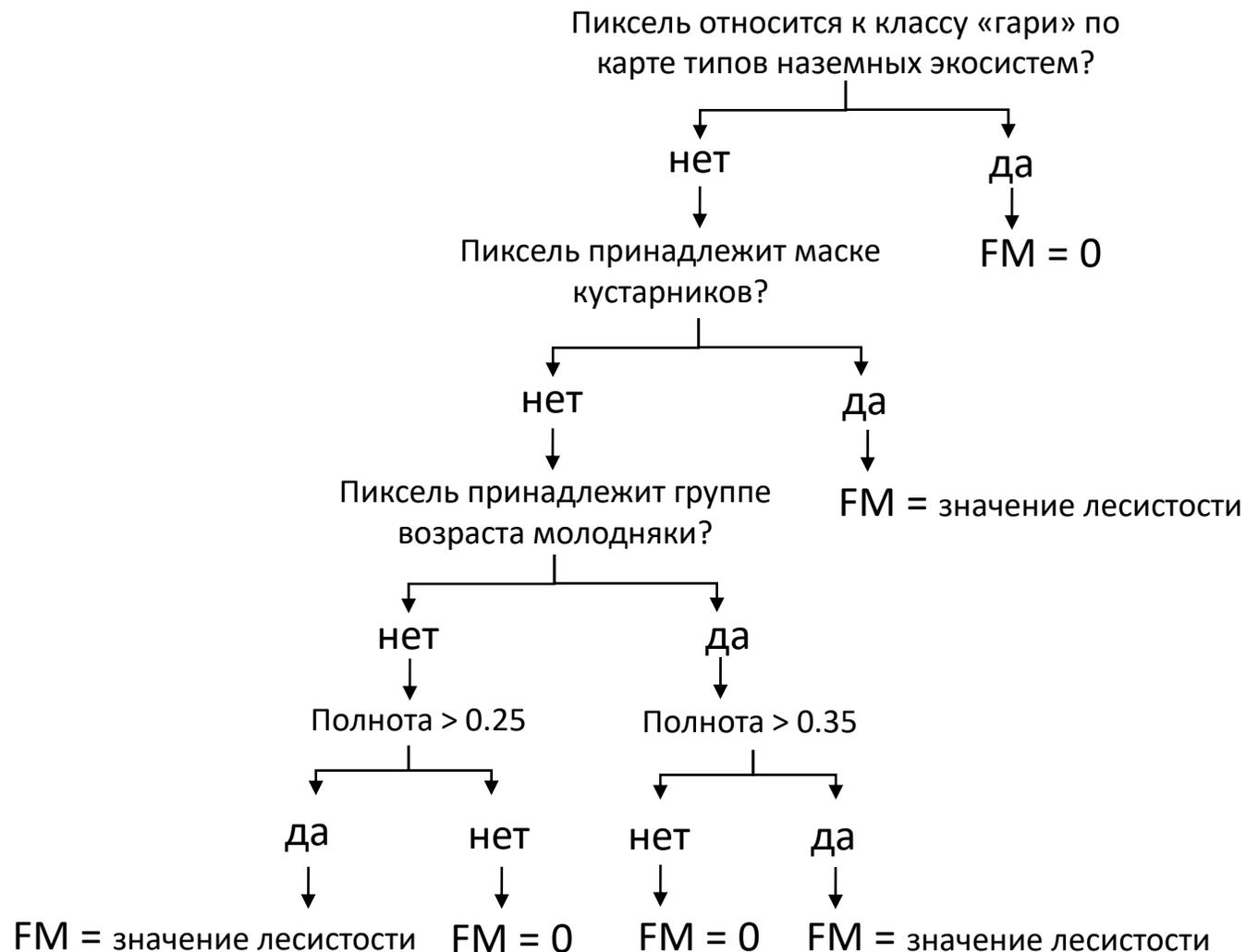
## ГРУППЫ ВОЗРАСТА ЛЕСОВ:



- Карта группа возраста лесов представляет собой оценку возраста древостоя в пикселе данных в рамках классов: молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые, перестойные.
- В качестве признаков используются многолетние ряды спутниковых оценок запаса, относительной полноты и лесистости, данные о преобладающей породе, композиты, полученные в момент наличия снежного покрова в двух каналах (b1: 0.47 мкм , b2: 0.56мкм), сезонные композиты (весна, лето, осень) в трех спектральных каналах (b1: 0.47 мкм , b2: 0.56 мкм, b6: 1.64мкм) и цифровая модель рельефа.
- Для построения опорной выборки по возрасту используются данные ЦО ГИЛ о возрасте насаждений совместно с моделями хода роста лесов.

# Метод оценки площади лесов

## Логическая схема построения маски леса (FM)



Лесные земли, покрытые лесной растительностью :

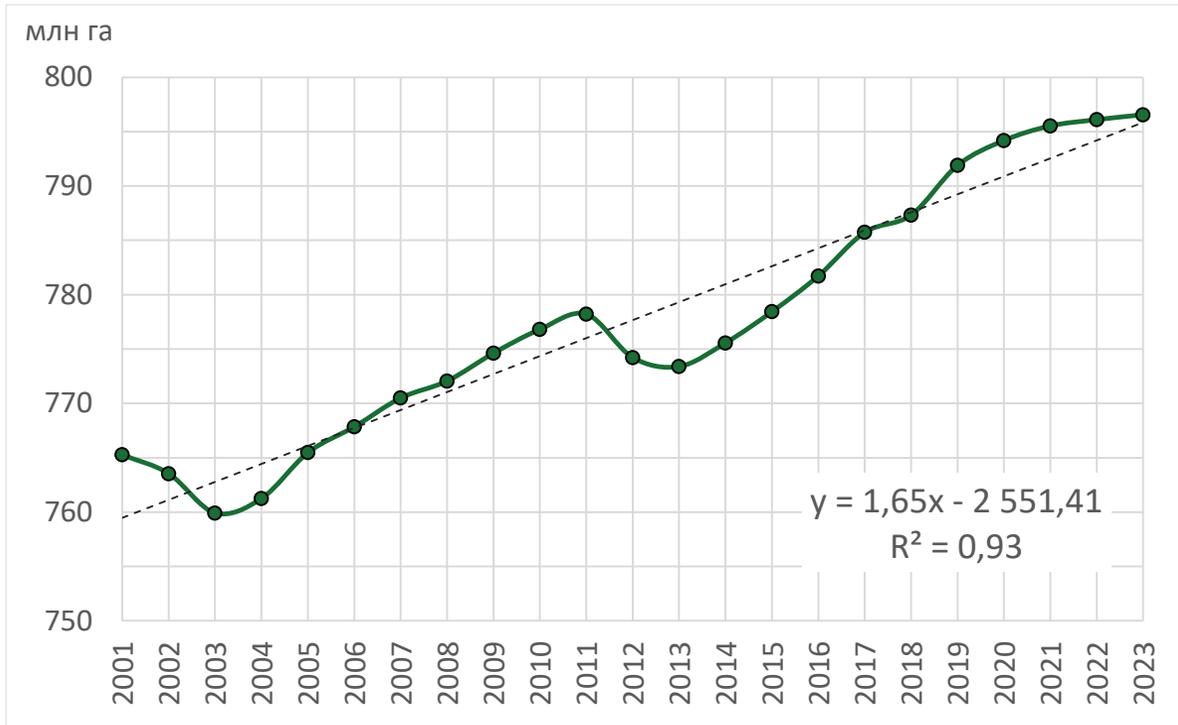
- земли, занятые **лесными насаждениями** естественного и искусственного происхождения с **полнотой** 0,4 доли единицы и выше в возрасте молодняков и с **полнотой** 0,3 доли единицы и выше в возрасте, превышающем возраст молодняков;
- земли, занятые **кустарниками**, на которых в силу естественно-географических условий не могут произрастать древесные породы или на которых специально организуются кустарниковые хозяйства.

Используемые ежегодные продукты, полученные на основе обработки спутниковых данных:

- карта лесистости территории
- карта относительной полноты лесов
- маска мест произрастания кустарников
- карта типов наземных экосистем
- карта групп возраста лесов

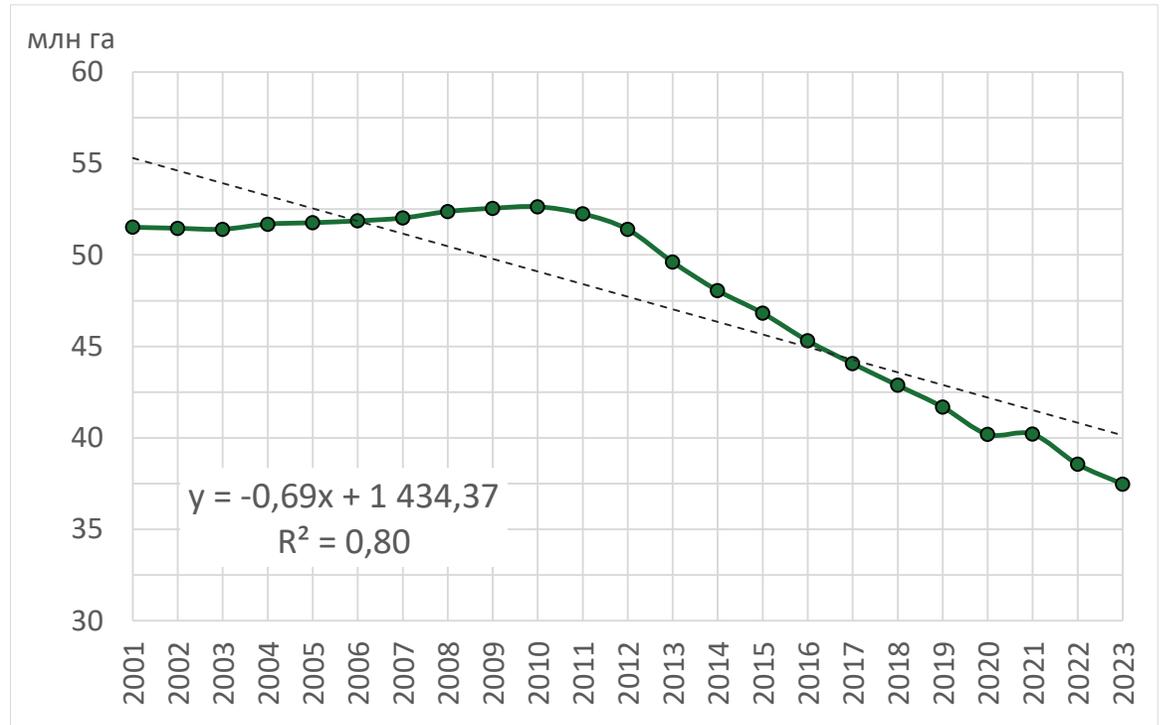
# Динамика площади лесов на основе спутниковой информации

## График изменения площади лесов\*



\*к лесам отнесены неповрежденные пожарами территории, покрытые древесно-кустарниковой растительностью с полнотой более 0.25

## График изменения площади редин\*\*



\*\* к рединам отнесли области с ненулевой лесистостью не попавшие в маску лесов

Результаты спутникового мониторинга показывают увеличение покрытой лесом площади, обусловленной экспансией древесной растительности на ранее безлесные территории вследствие изменений климата и зарастания неиспользуемых сельскохозяйственных земель. При этом наблюдается сокращение площади редколесий за счет повышения густоты древесной растительности

# Изменение площади лесов РФ за период с 2001 по 2023 год

Единицы измерения – млн. га

		2023		
2001		лес	редины	нет ДКР
	лес	37,61	-5,17	-61,32
	редины	32,72	7,75	-4,63
	нет ДКР	25,66	4,12	-

Общее изменение площади лесов за период наблюдений: **+ 29,5 млн.га**

- **Факторы, приводящие к росту площади лесов:**
- Изменения фрагментарности территории внутри уже покрытых лесом пикселей спутниковых данных (**42%**)
- Экспансия на новые территории (**28%**)
- Изменения полноты лесов (**30%**)

Прирост площади ДКР внутри стабильных классов вызванный только приростом доли ДКР без изменения полноты:

$37,61 + 7,75 = 45,45$  млн. га

Прирост площади ДКР с сопутствующем изменением полноты :

$32,72 + 25,66 + 4,12 = 62,1$  млн. га

**Заращение ДКР происходит и внутри пикселя данных, и путем экспансии на новые территории**

Прирост площади ДКР на территориях, где в 2001 не было растительности:

25,66 млн. га – уже леса

4,12 млн. га – ещё редины

**Примерно 86% площадей безлесных территории, зарастающих ДКР, стали лесом в конце рассматриваемого периода**

Прирост площади ДКР леса там, где ранее были редины

32,72 млн. га – уже леса

7,75 – ещё редины

**Примерно 81% площадей, занятых рединами и зарастающих ДКР, стали лесом в конце рассматриваемого периода**

Убыль леса:

61,32 млн. га – полное обезлесение

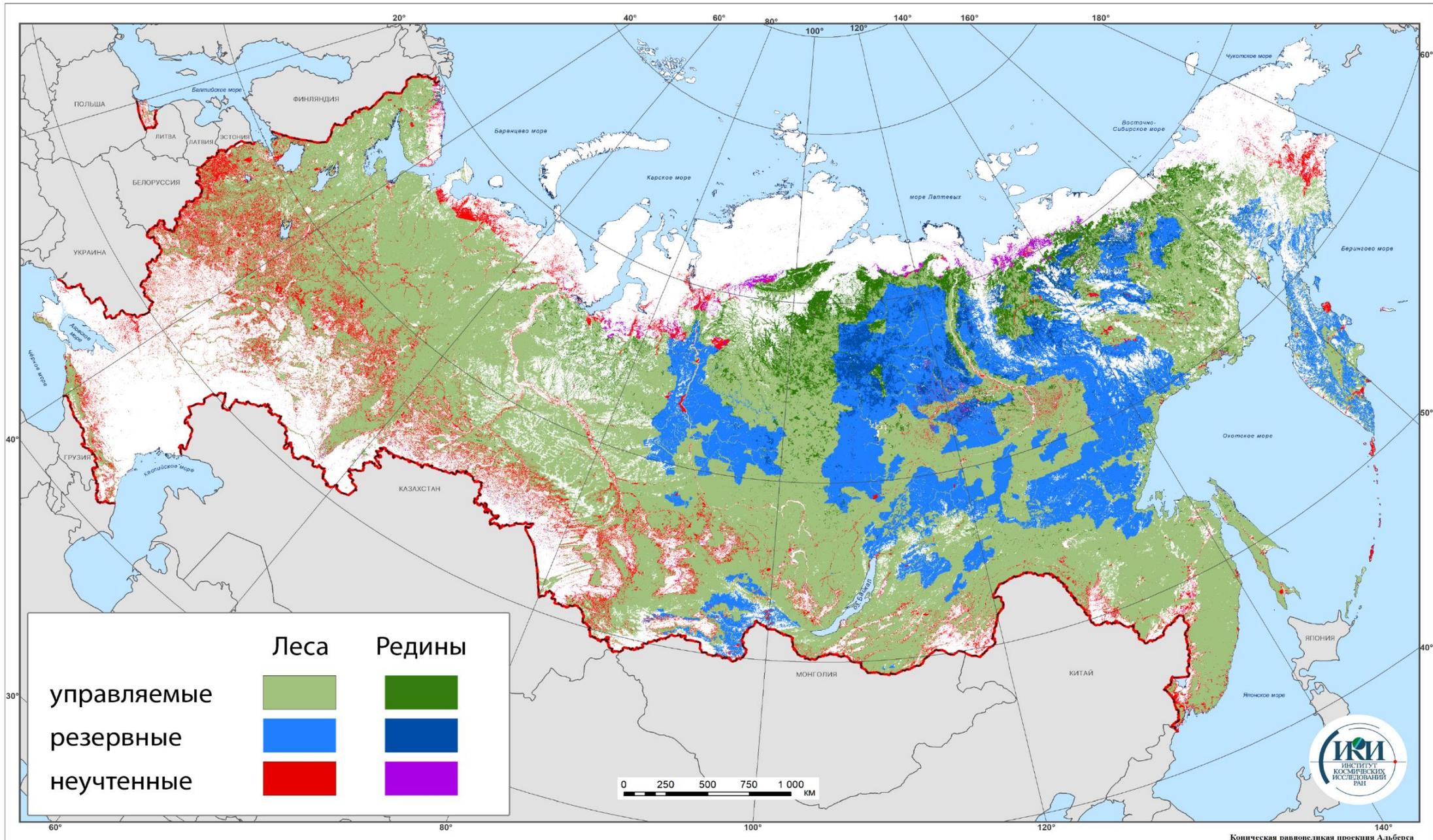
5,17 млн. га – лес стал рединами

**Убыль леса на протяжении рассматриваемого периода в основном связана с полным обезлесением**

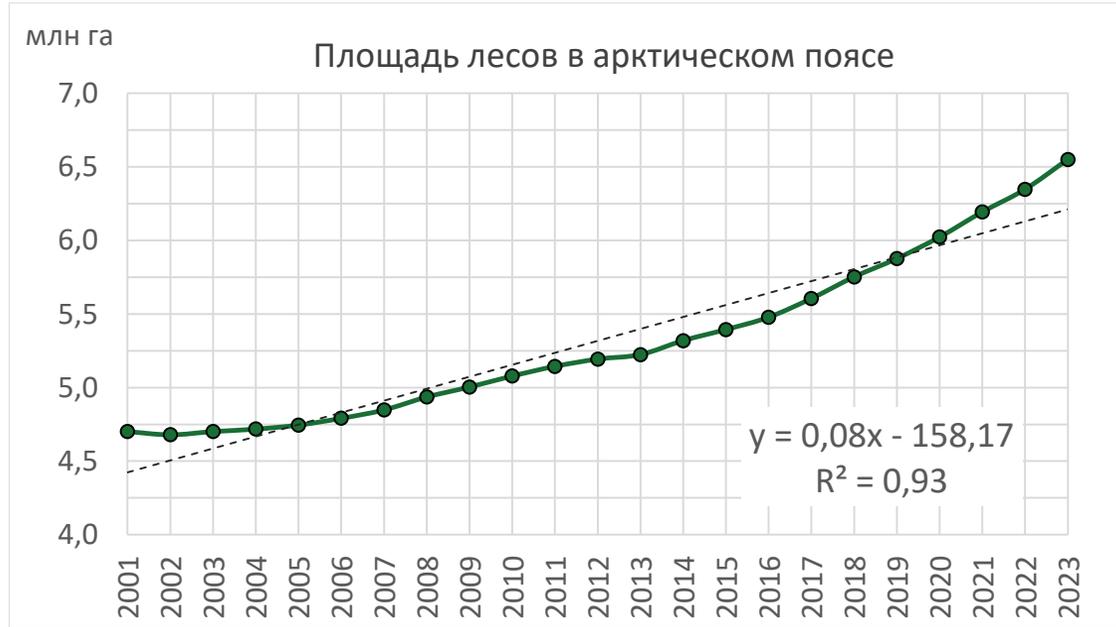
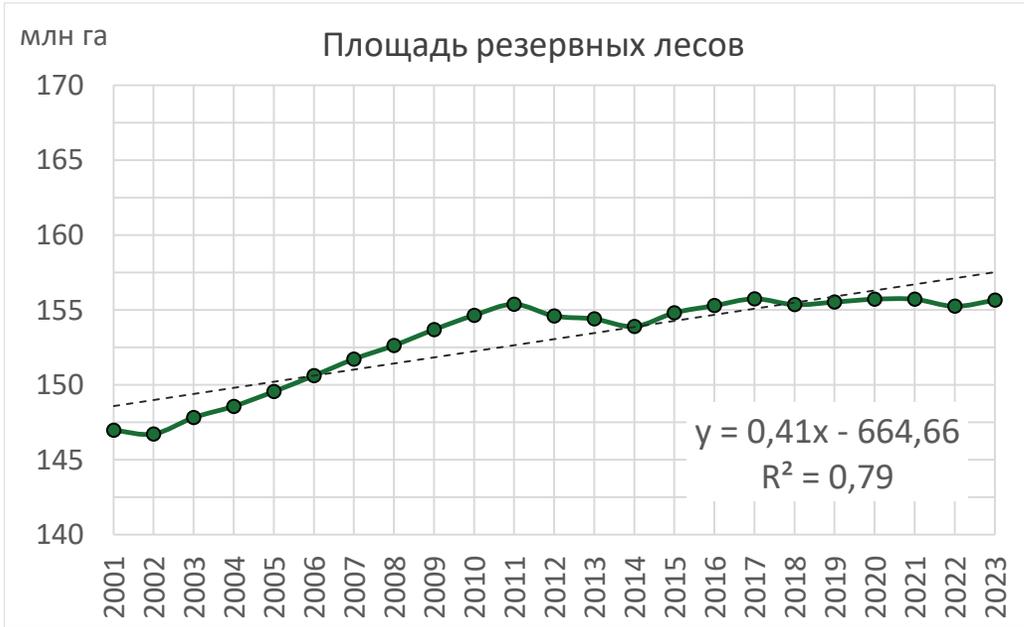
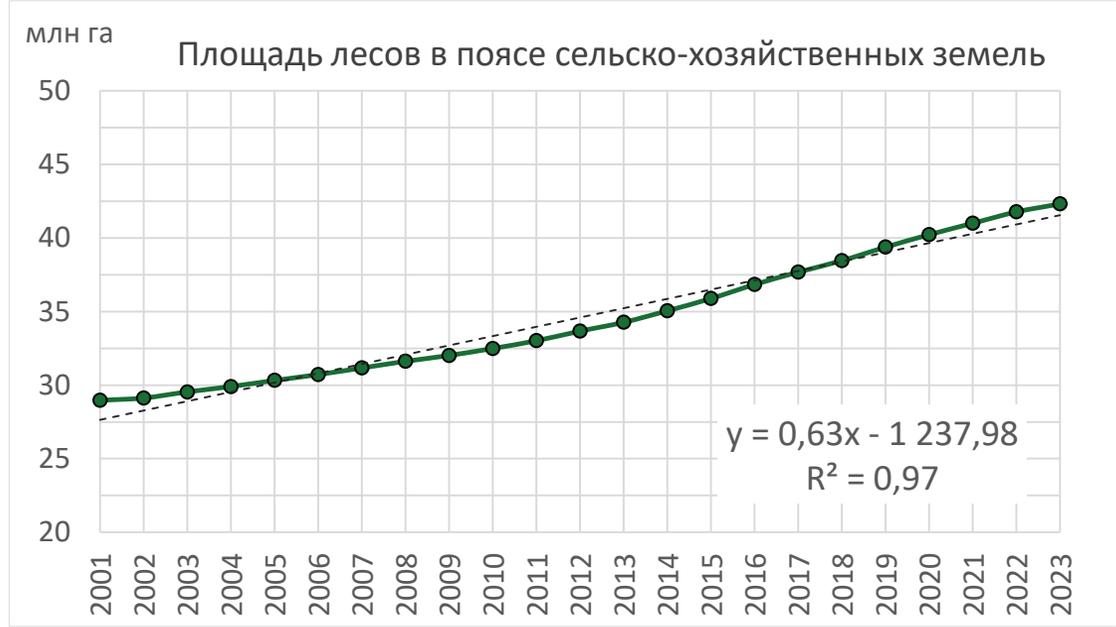
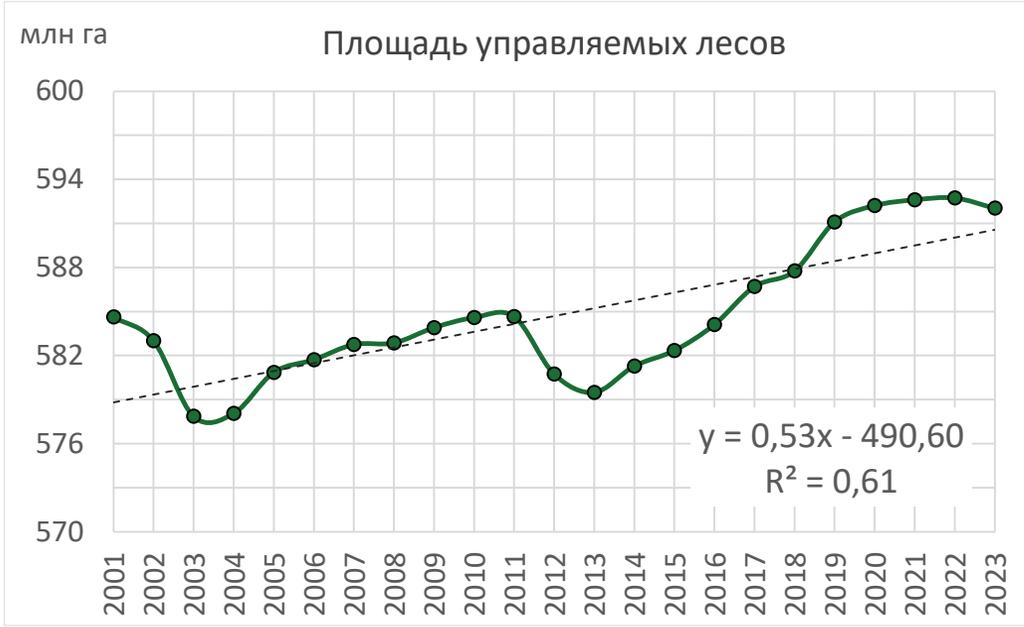
# Выделяемые категории земель для анализа динамики лесов



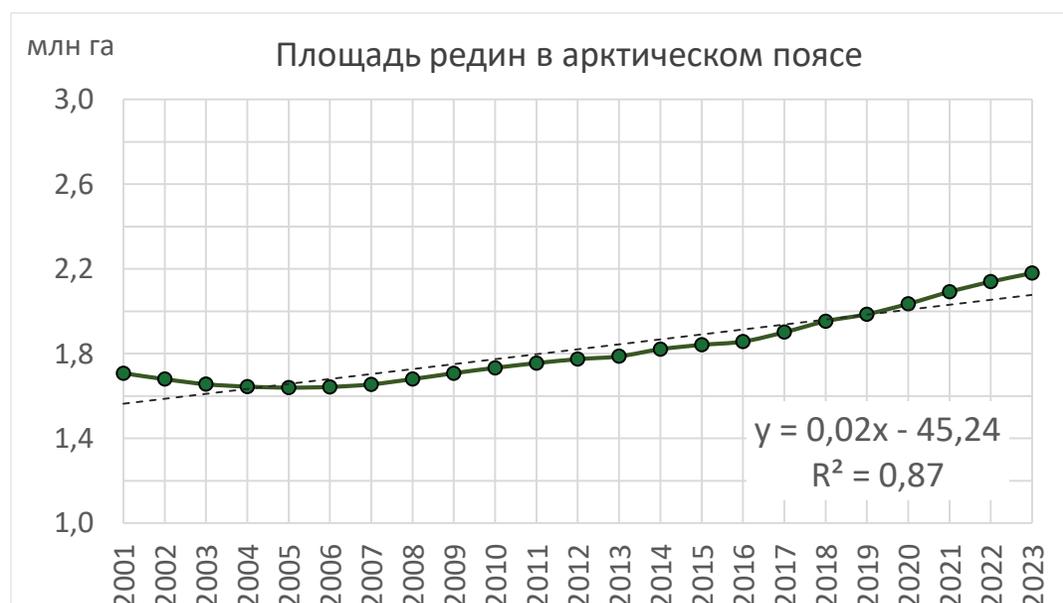
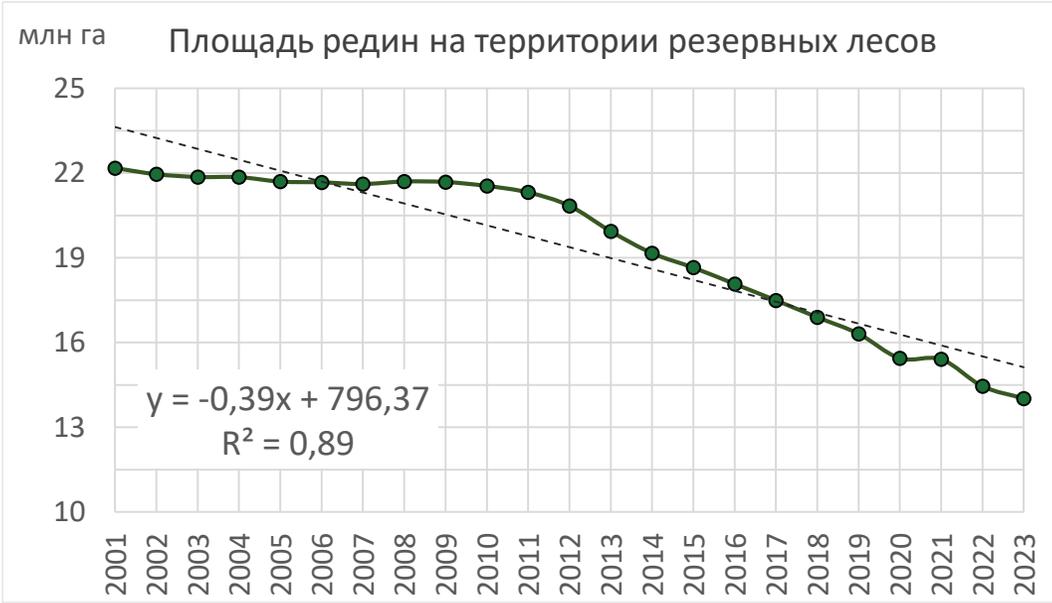
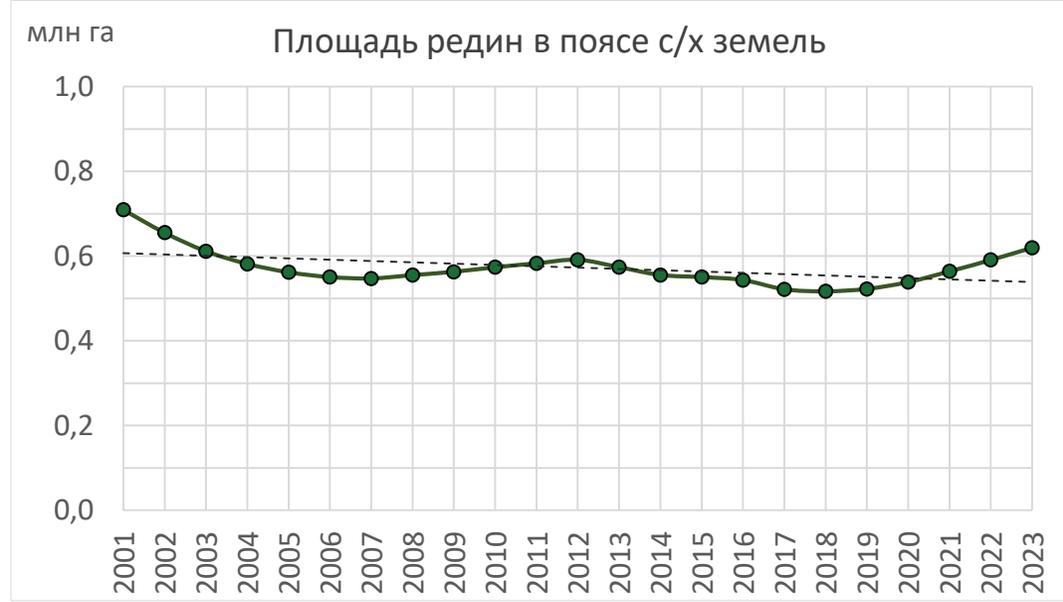
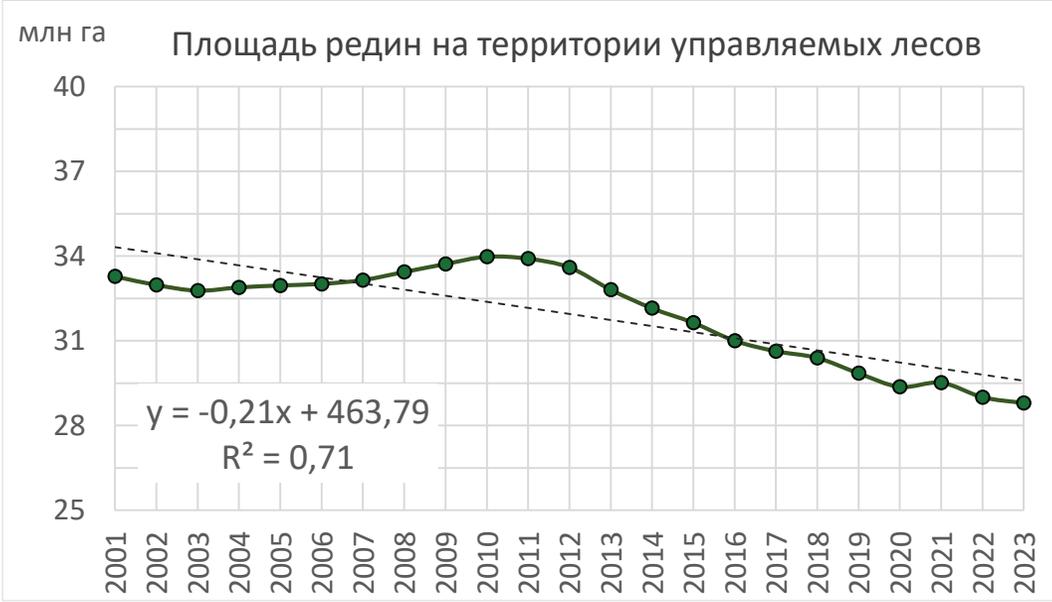
# Леса и редины в границах разных категорий земель



# Динамика площади лесов для разных категорий земель



# Динамика площади редин для разных категорий земель



# Изменение площади лесов за период с 2001 по 2023 год для разных категорий

млн га

Факторы изменения площади лесов	Управляемые леса	Резервные леса	Пояс сельскохозяйственных земель	Арктический пояс
Изменения фрагментарности территории внутри уже покрытых лесом пикселей спутниковых данных	20,70	9,44	6,92	0,55
Экспансия на новые территории	17,47	14,20	0,54	0,51
Изменение относительной полноты	12,52	4,20	8,24	0,71
Потеря лесов (гари, вырубки и др)	-44,23	-19,50	-2,36	-0,40
<b>Всего</b>	<b>6,46</b>	<b>8,34</b>	<b>13,33</b>	<b>1,36</b>

Площадь лесов	Управляемые леса	Резервные леса	Пояс сельскохозяйственных земель	Арктический пояс
2001	579,83	145,91	28,93	4,25
2023	586,29	154,25	42,26	5,61

Доля изменения  
площади лесов, %

1,11%

5,72%

46%

32%

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учёта данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (госрегистрация № 124060500032-7). Обработка данных ДЗЗ проводилась с использованием ресурсов ЦКП «ИКИ-Мониторинг», развиваемого и поддерживаемого в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8).

Спасибо за внимание