Спутниковый мониторинг динамики лесов России в условиях климатических изменений

Барталев С.А., Богодухов М.А., Ворушилов И.И., Егоров В.А., Лупян Е.А., Михайлов Н.В., Сайгин И.А., Стыценко Е.А., Стыценко Ф.В., Хвостиков С.А., Ховратович Т.С., Шинкаренко С.С.

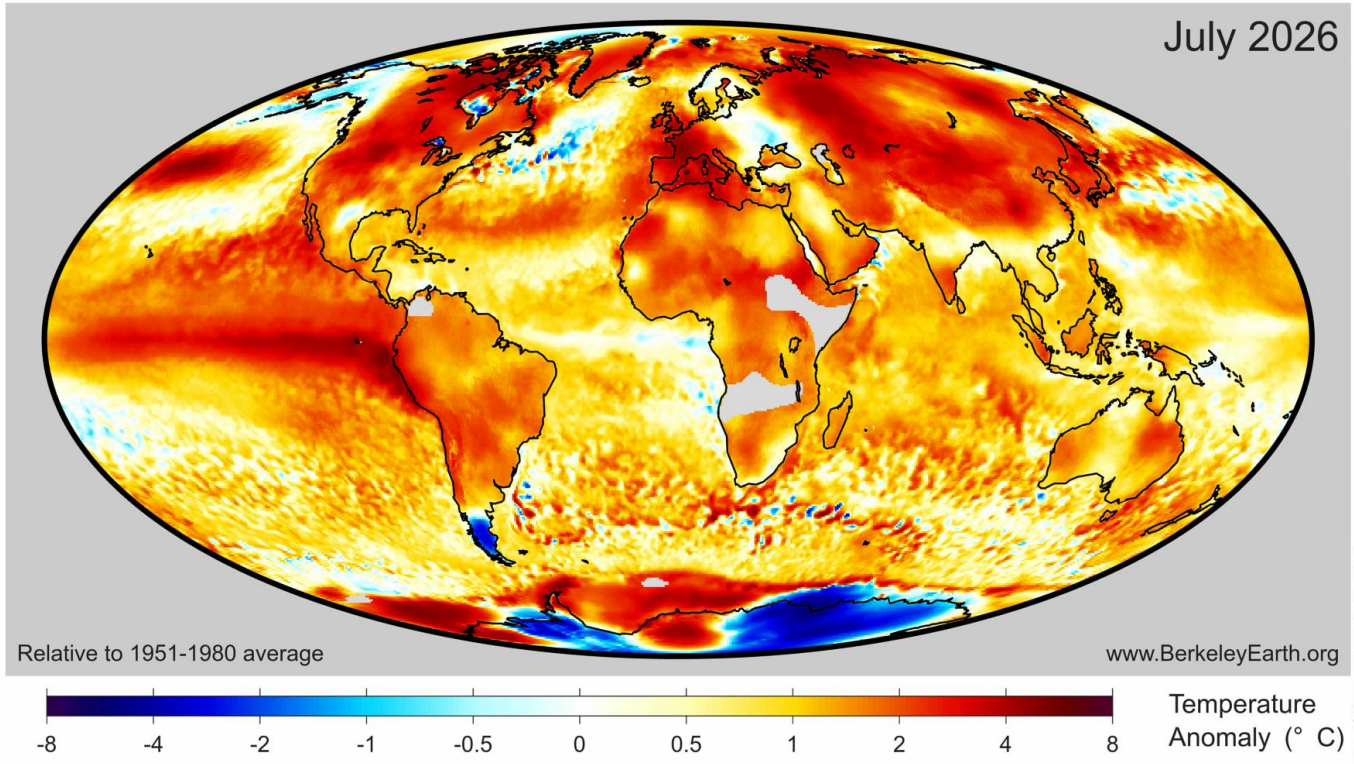
XXIV международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»,
Москва, 9-13 ноября 2026

Лесные экосистемы России и глобальный климат

1. На территории страны находится **основная часть бореальных лесов и болот**, регулирующих глобальные биогеохимические циклы. Леса России являются **важнейшим резервуаром углерода** на планете и обладают значительной способностью по **поглощению углекислого газа.**

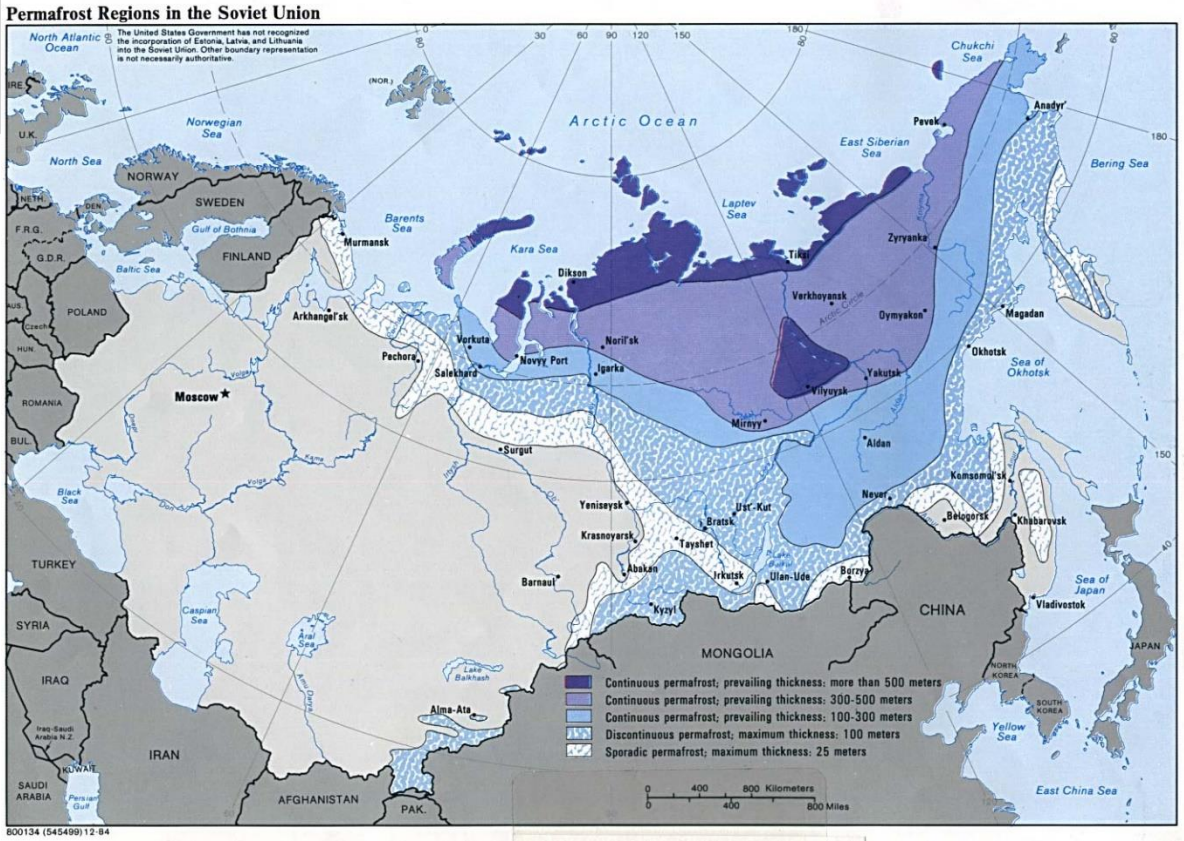
2. **Наиболее масштабные и быстрые изменения климата** на планете наблюдаются в бореальной зоне России. Леса характеризуются **масштабной динамикой**, вызванной влиянием меняющегося климата, деструктивным воздействием климатогенных (пожары, засухи, массовое размножение насекомых фитофагов, болезни леса) и антропогенных (рубки, техногенные загрязнения, изменение режимов землепользования) факторов.

3. Территория России **является крупнейшим в мире холодным регионом**, включающим 2/3 территории вечной мерзлоты, 2/3 территории с сезонным снежным покровом и более 1/3 горных ледников Северного полушария.

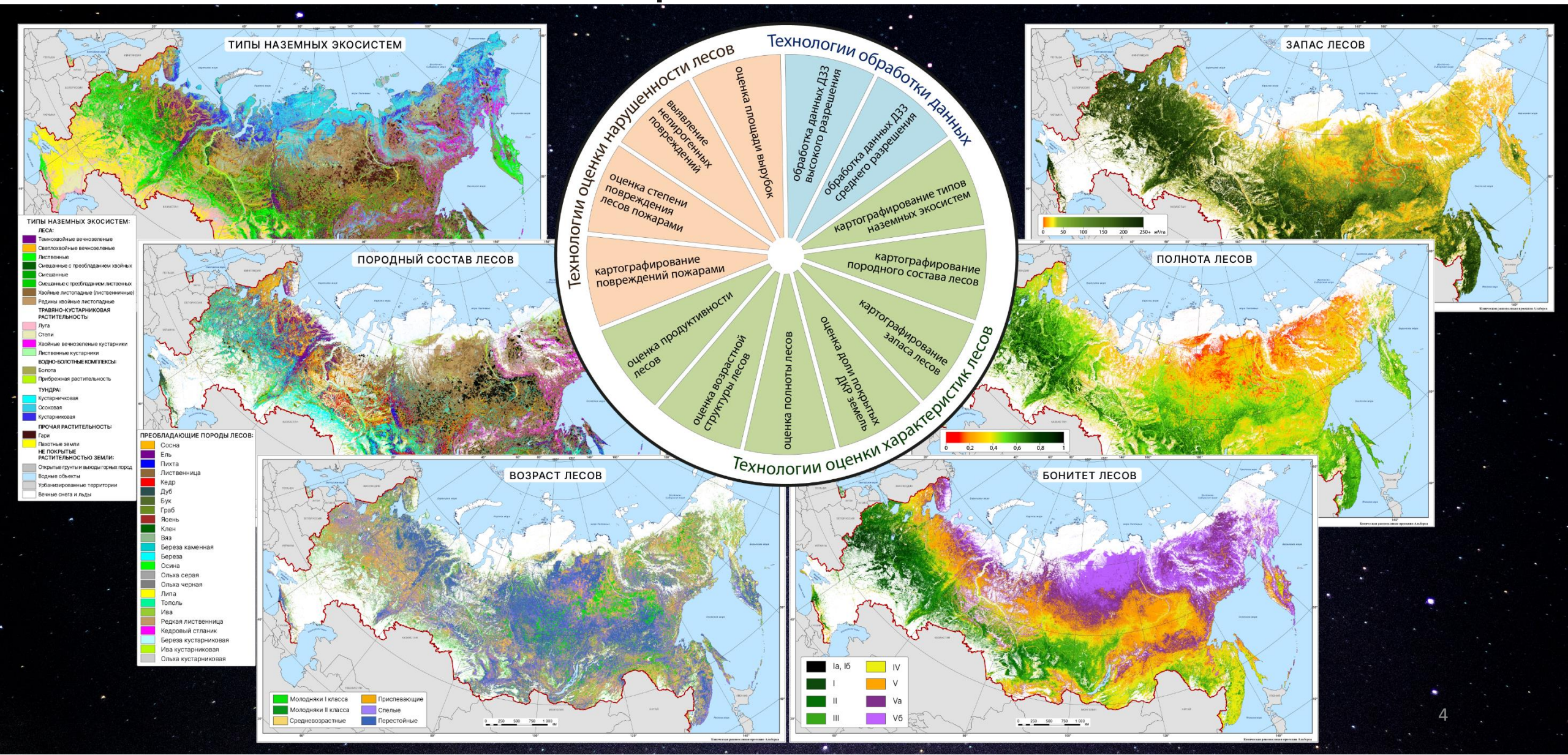


Изменение глобальной температуры воздуха в июле 2026 года по отношению к средним значениям в 1951-1980 годы

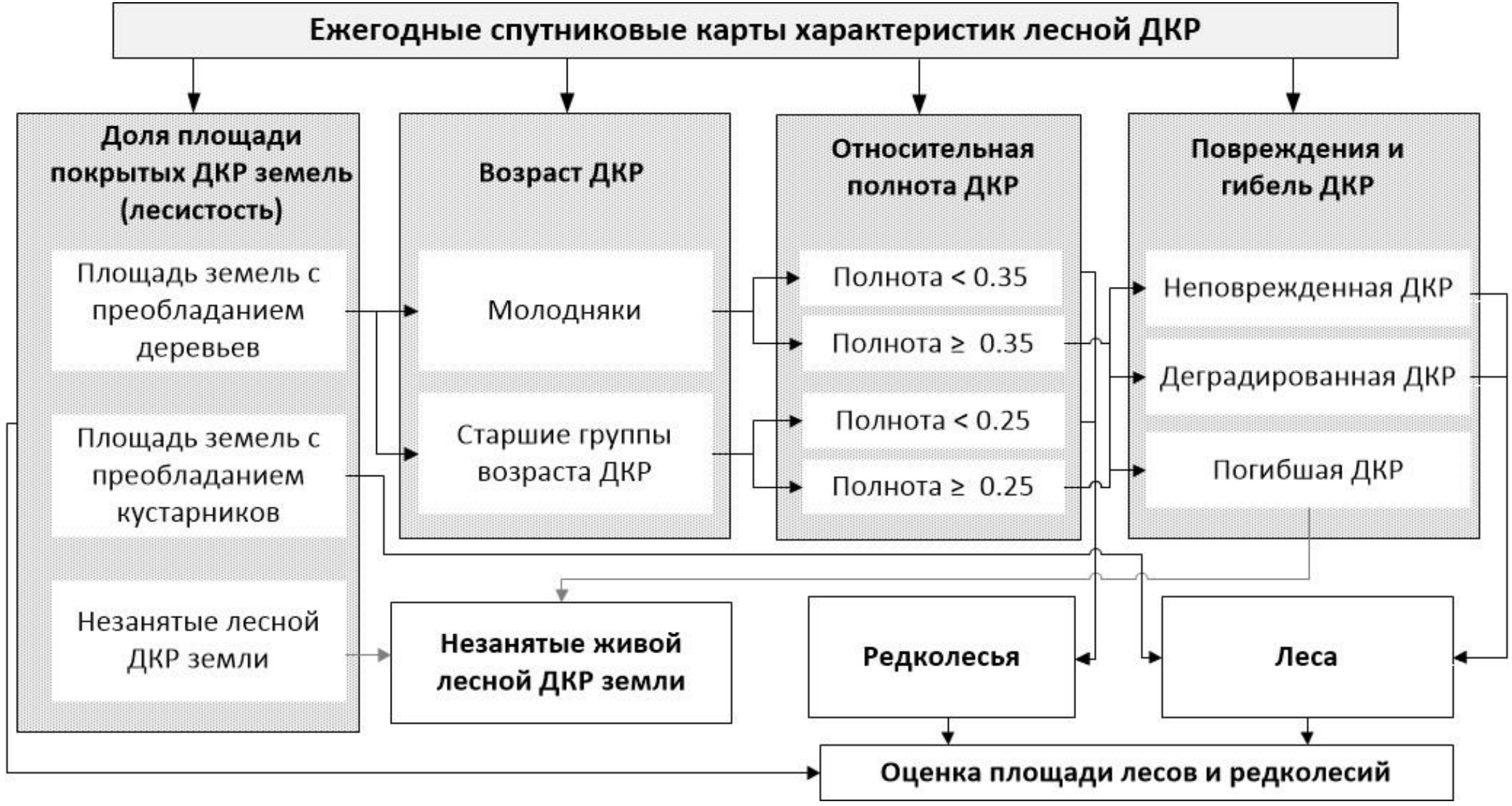
Вечная мерзлота (многолетняя мерзлота) занимает более 60% территории России, что составляет порядка 10–11 миллионов квадратных километров.



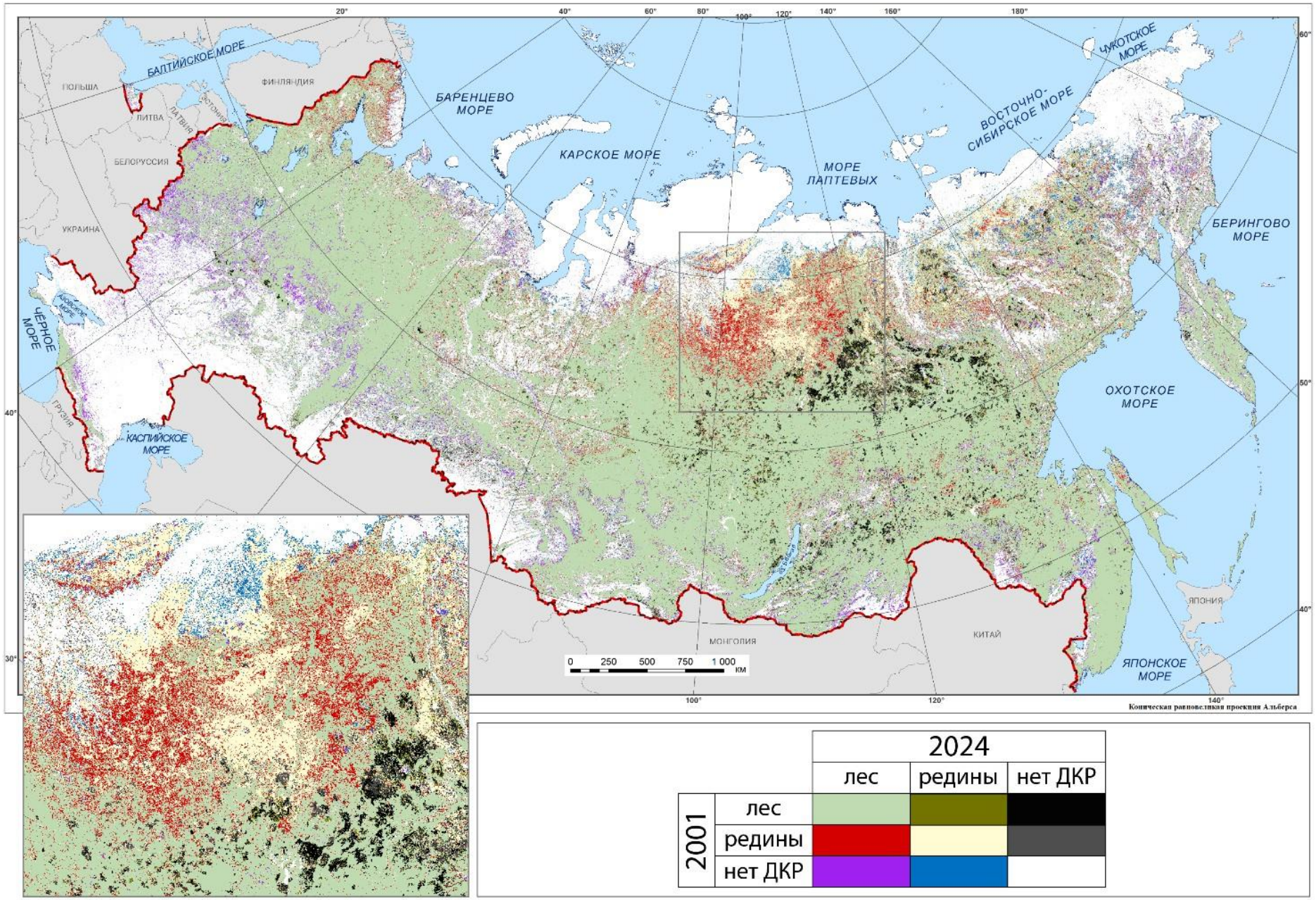
Комплекс автоматизированных технологий спутникового мониторинга лесов России



Логическая схема оценки площади древесно-кустарниковой растительности на основе спутниковых данных ДЗЗ

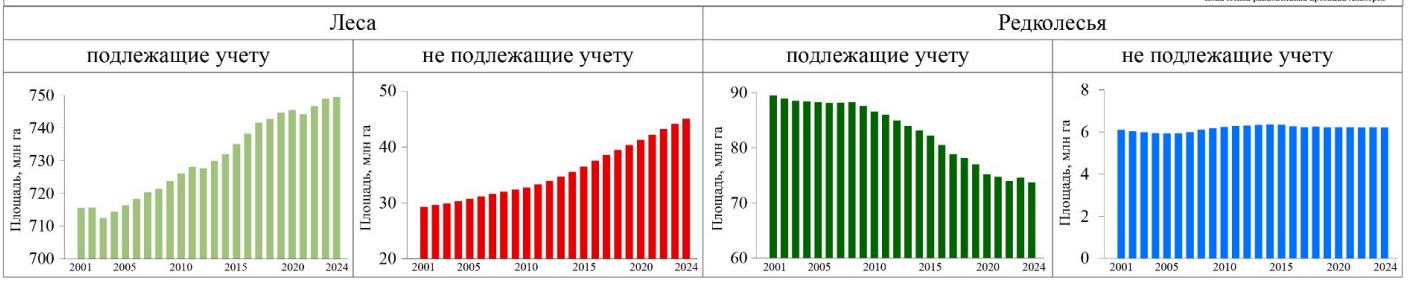


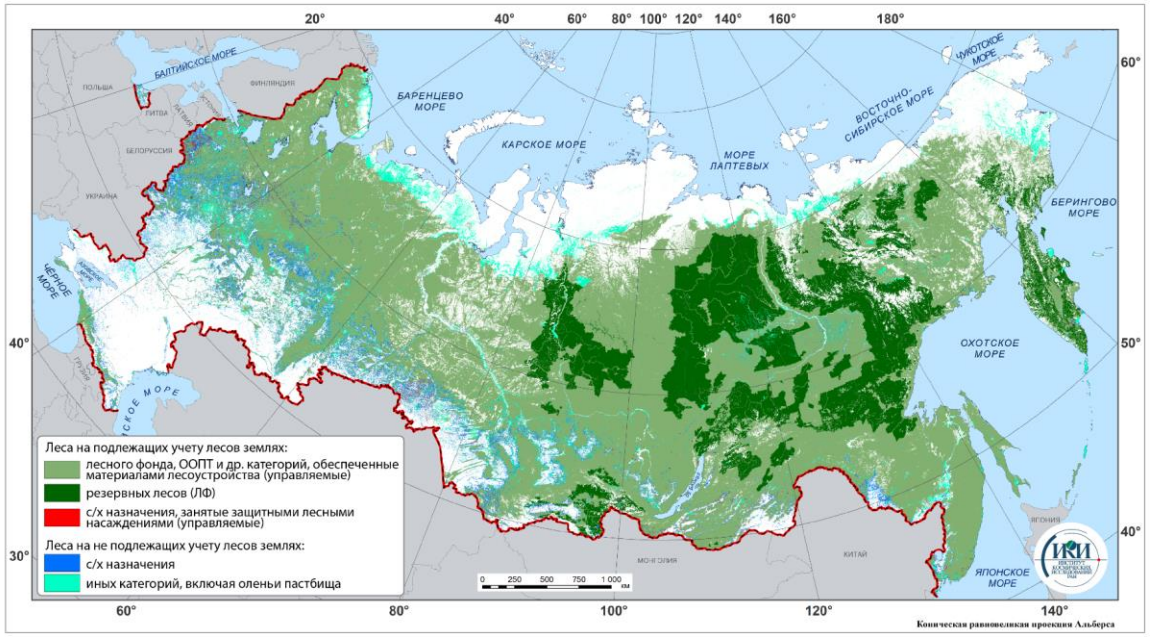
Карта трансформации лесов и редколесий России (2001–2024)



Занимаемые лесами и редколесьями земли на подлежащих и не подлежащих учету лесов территориях





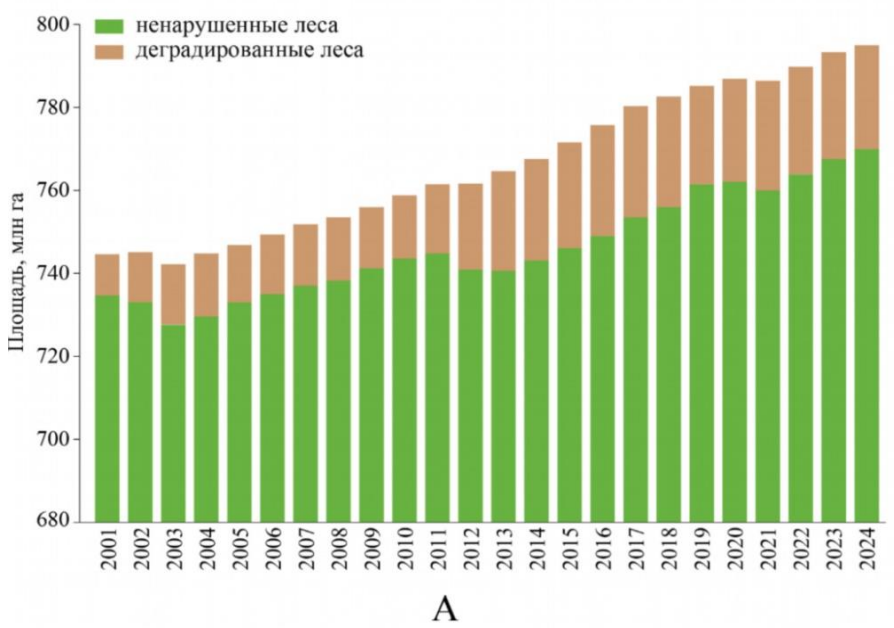


Карта отражает пространственное распределение занимаемых лесами и редколесьями земель в 2024 году на подлежащих и не подлежащих учету лесов территориях.

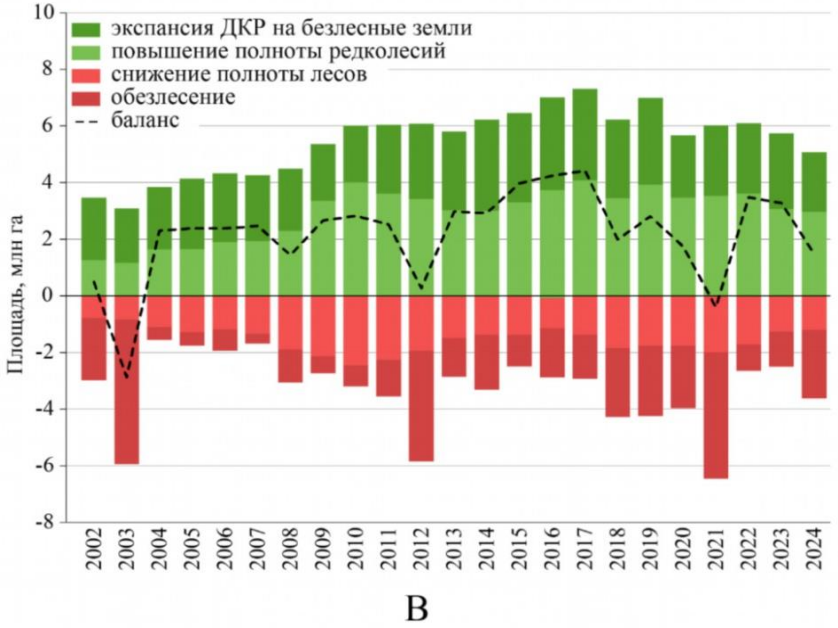
Изменение площади древесно-кустарниковой растительности за период 2001–2024 гг., млн га (% от площади 2001 года)

Факторы динамики площади лесов	Подлежащие учету леса	Не подлежащие учету леса
Экспансия ДКР на безлесные земли	+39.39 (5.51%)	+15.43 (52.63%)
Повышение полноты редколесий	+31.64 (4.42%)	+1.77 (6.05%)
Снижение полноты лесов	-11.76 (-1.64%)	-0.64 (-2.20%)
Обезлесение	-25.22 (-3.52%)	-0.83 (-2.84%)
Общее изменение площади лесов	+34.05 (4.76%)	+15.73 (53.64%)
Факторы динамики площади редколесий	**Подлежащие учету редколесья**	**Не подлежащие учету редколесья**
Экспансия ДКР на безлесные земли	+14.43 (16.13%)	+2.76 (45.22%)
Снижение полноты лесов	+11.76 (13.15%)	+0.64 (10.56%)
Повышение полноты редколесий	-31.64 (-35.36%)	-1.77 (-29.06%)
Обезлесение	-10.29 (-11.5%)	-1.52 (-24.92%)
Общее изменение площади редколесий	-15.73 (-17.58%)	+0.11 (1.8%)

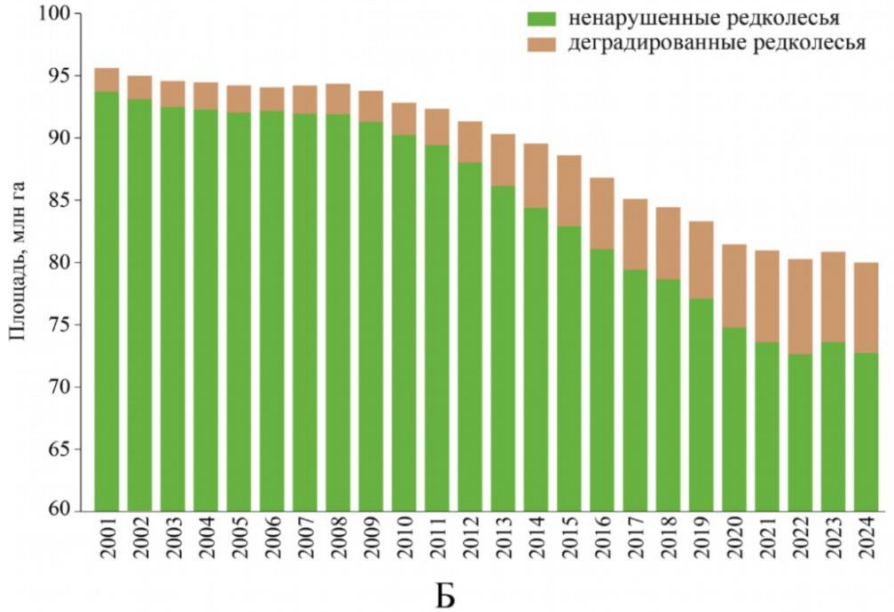
Многолетняя динамика площади лесов и редколесий России



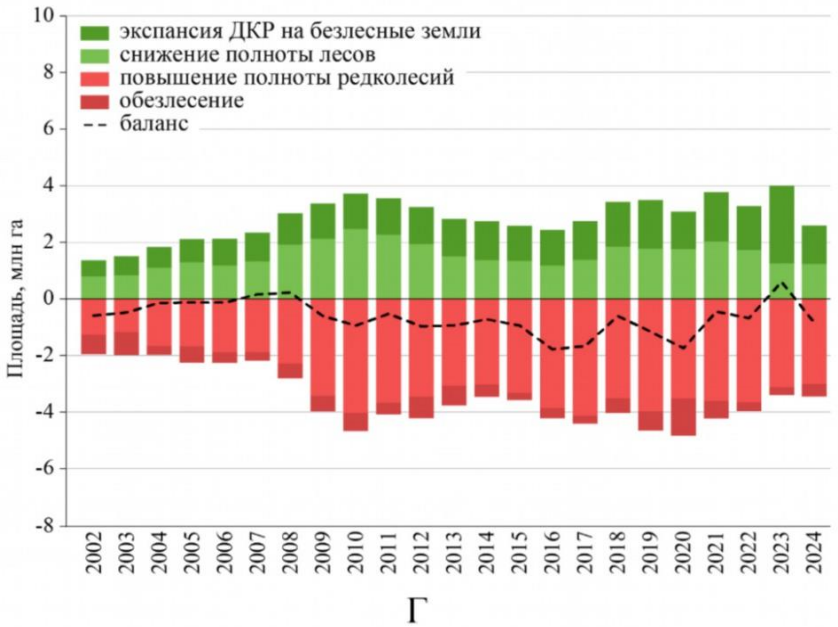
А



В



Б



Г

А – динамика площади лесов

Б – динамика площади редколесий

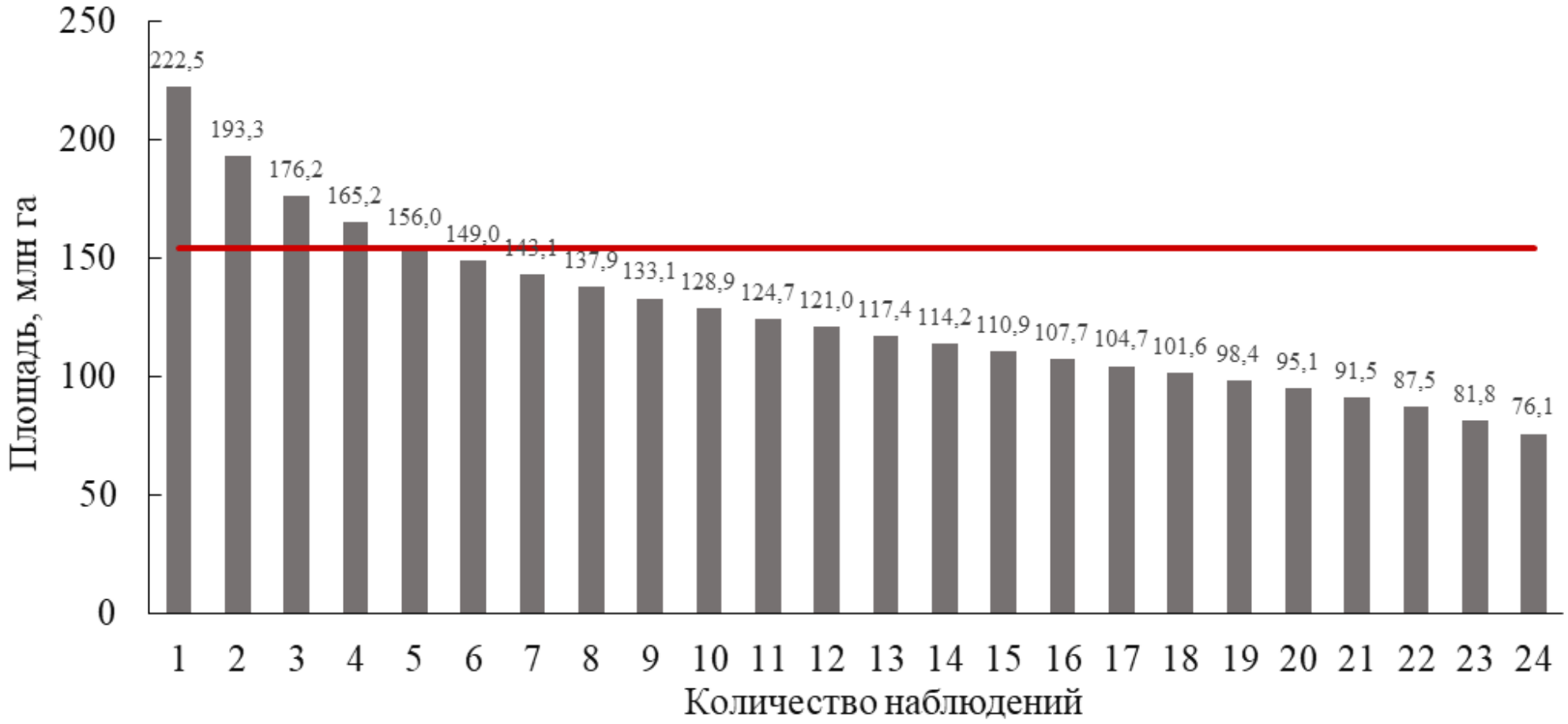
В – факторы межгодового прироста и снижения площади лесов

Г – факторы межгодового прироста и снижения площади редколесий

Изменения площади лесов России за период 2001-2023 гг

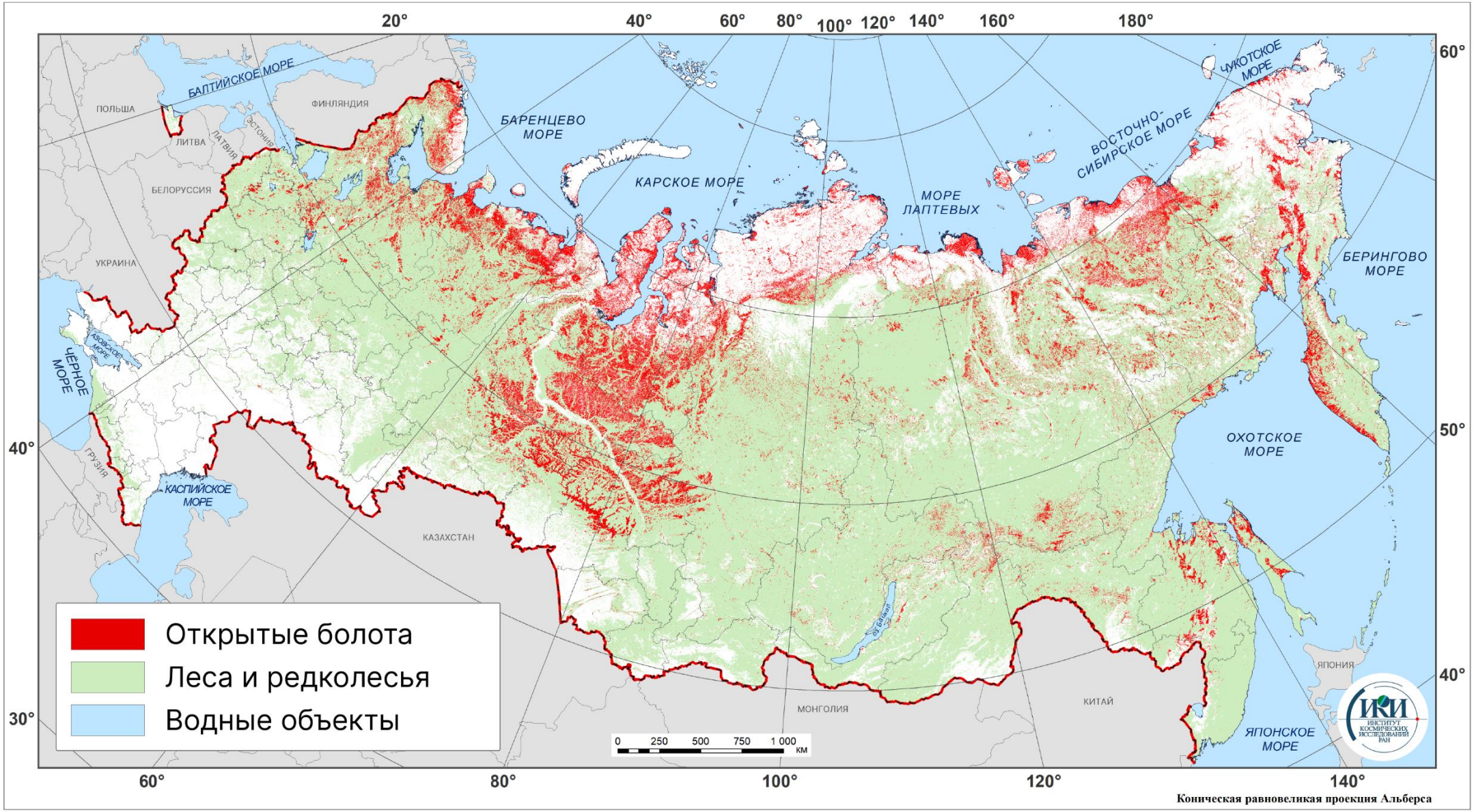


Частота отнесения земного покрова к классу болот по ежегодным картам наземных экосистем (2001–2024 гг.)

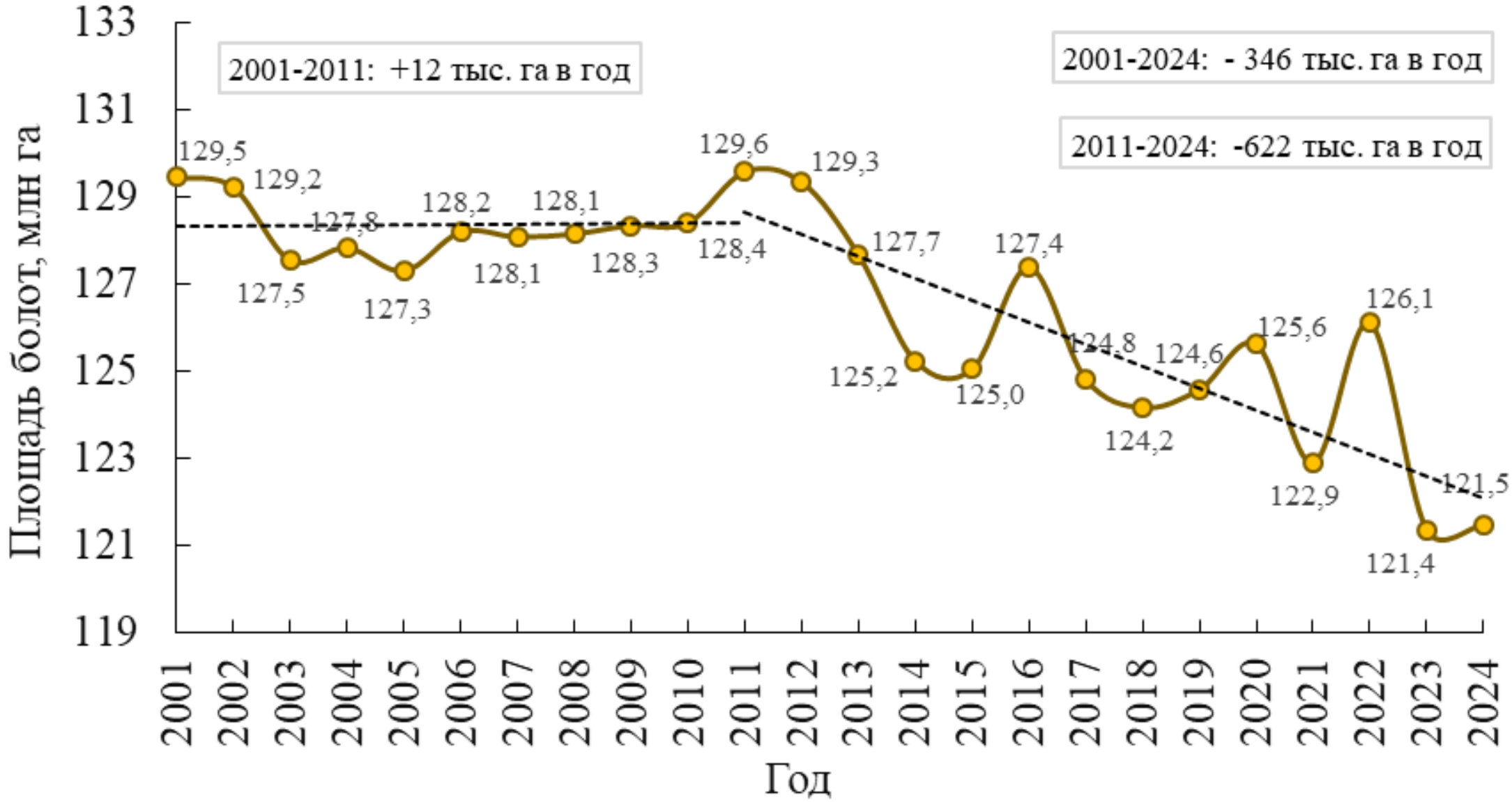


Красной линией показана площадь болот согласно Национальному атласу почв Российской Федерации. М.: Издательство “Астрель”, 2011. 632 с. EDN: TIFKYN.

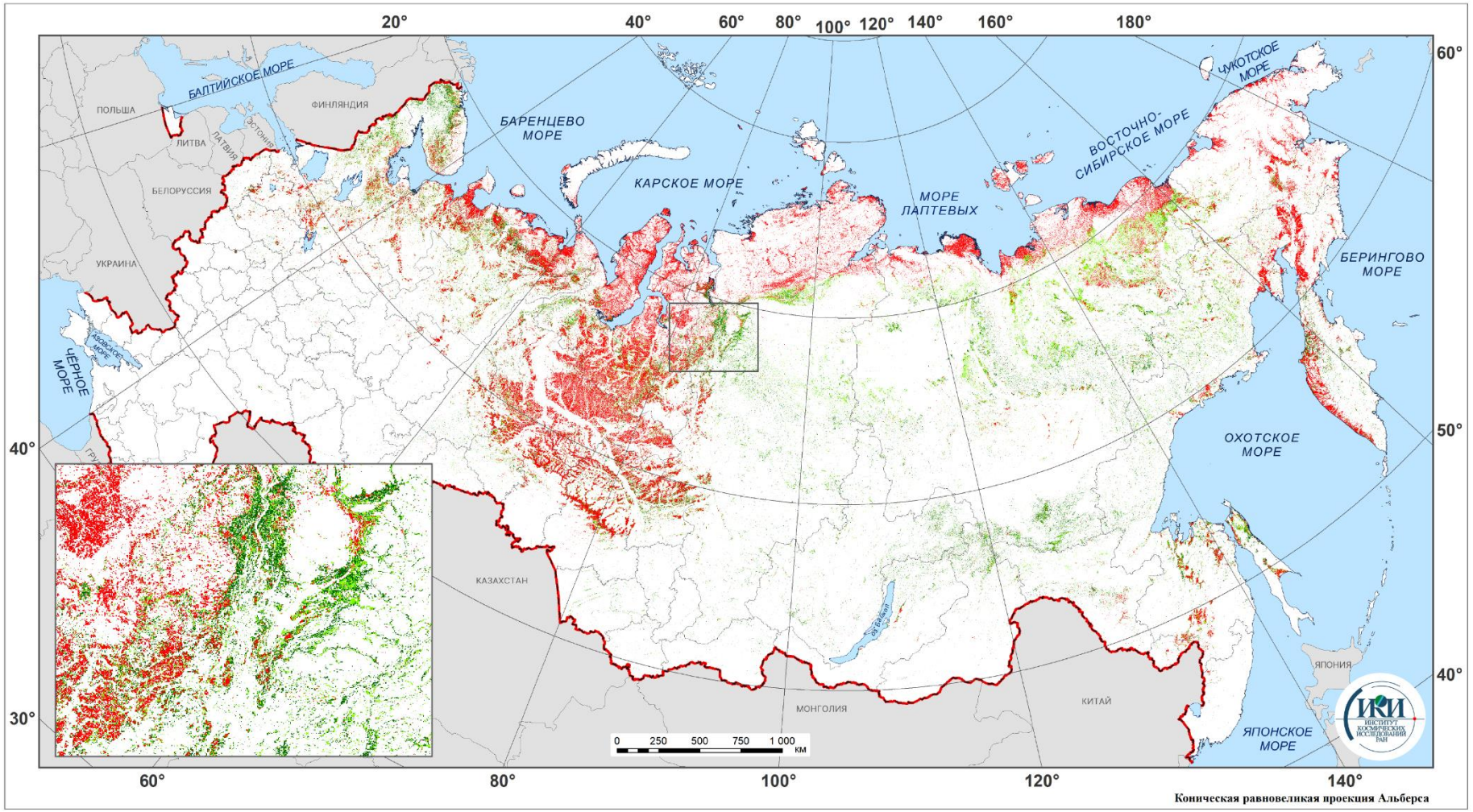
Устойчиво классифицируемые по данным MODIS открытые торфяные болота России



Площадь открытых торфяных болот по результатам ежегодного картографирования наземных экосистем



Устойчиво выделяемые по данным ДЗЗ болота, заросшие древесной растительностью в 2001–2024 гг.

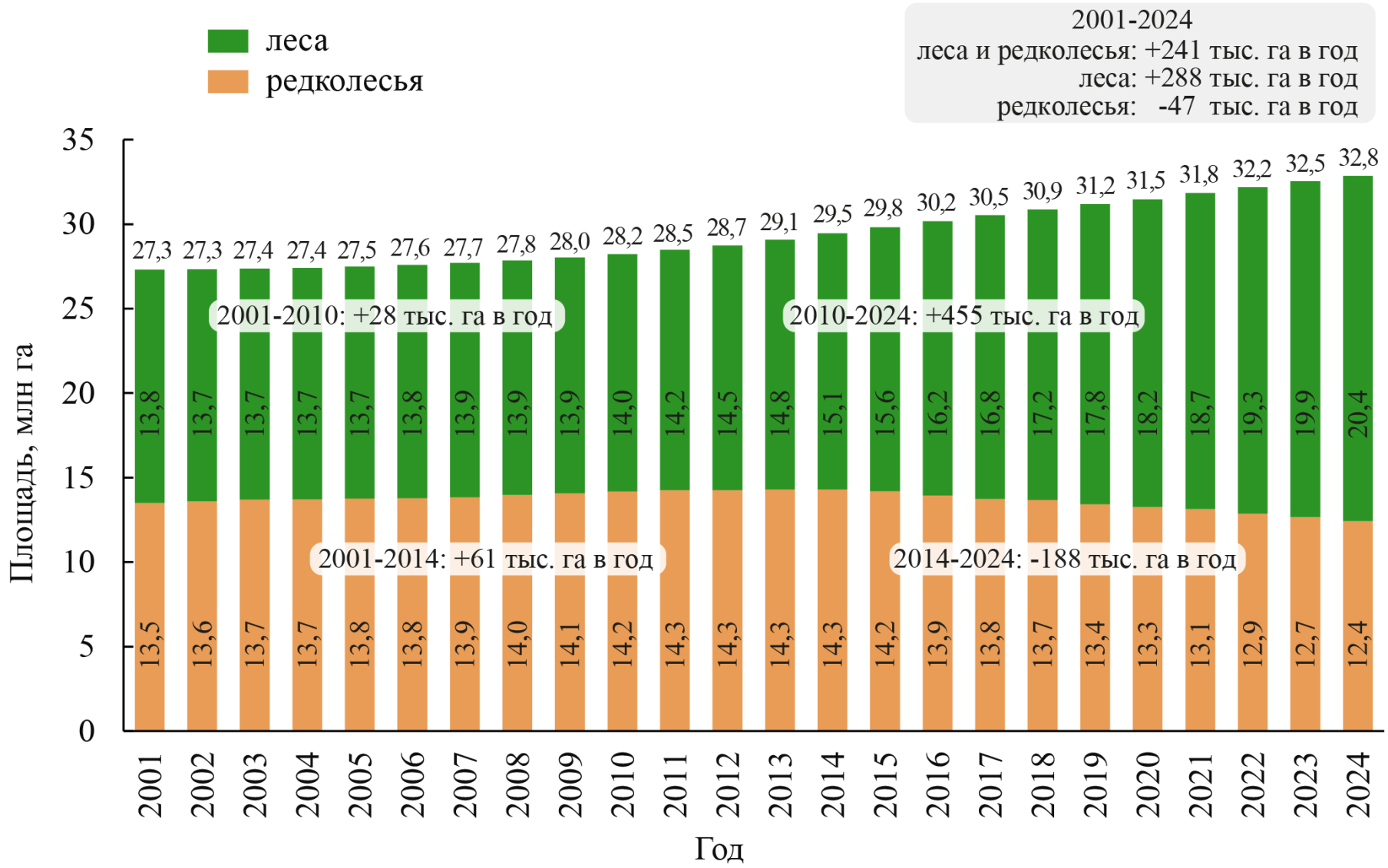


Сформированные на открытых болотах леса

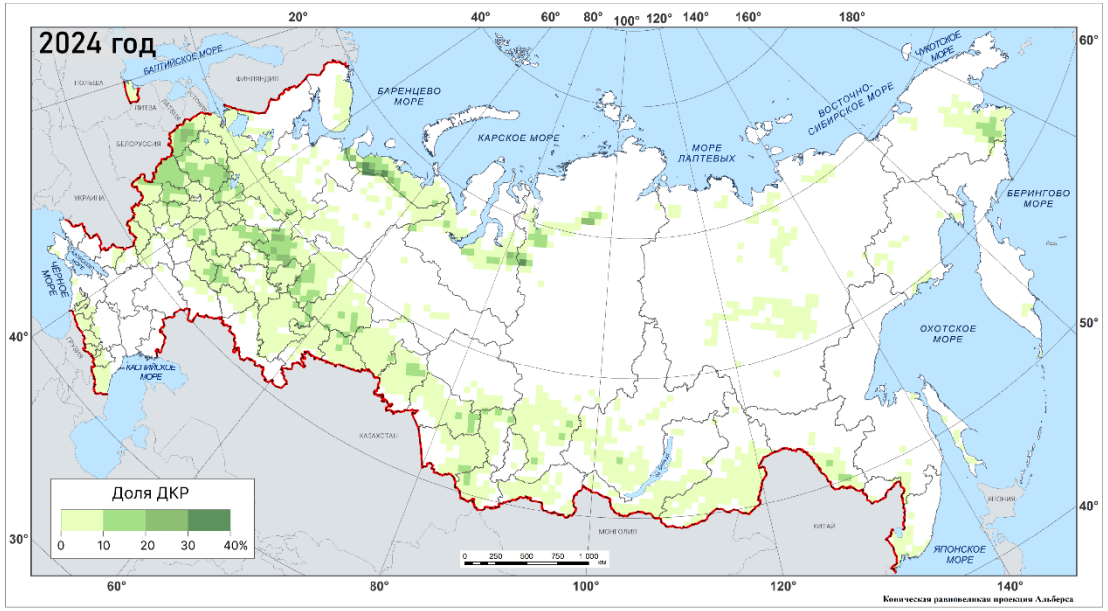
Открытые болота с наличием леса или редколесий

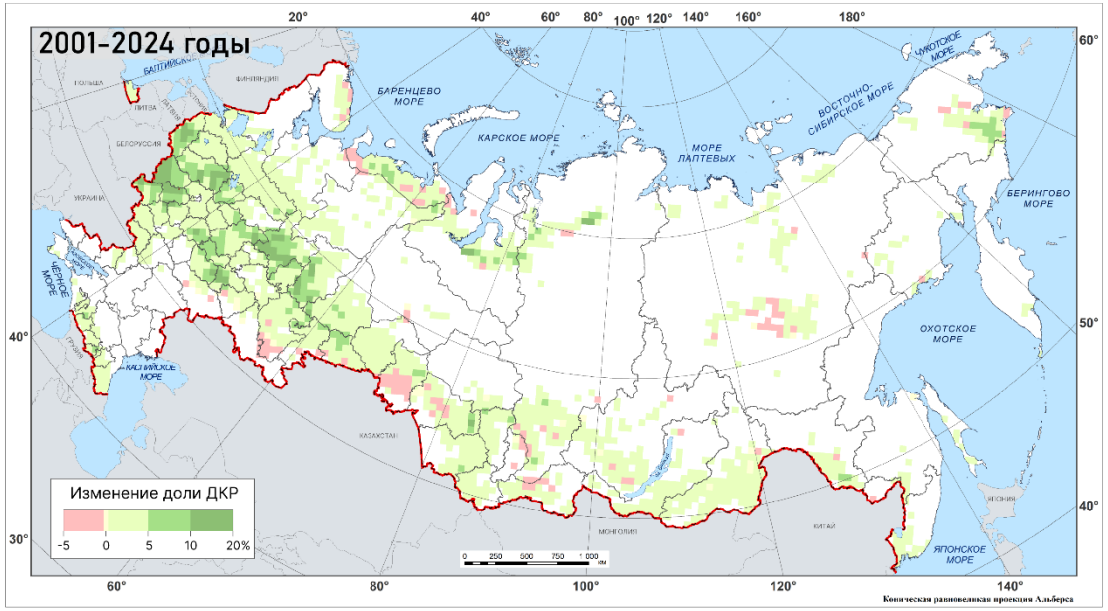
Безлесные болота

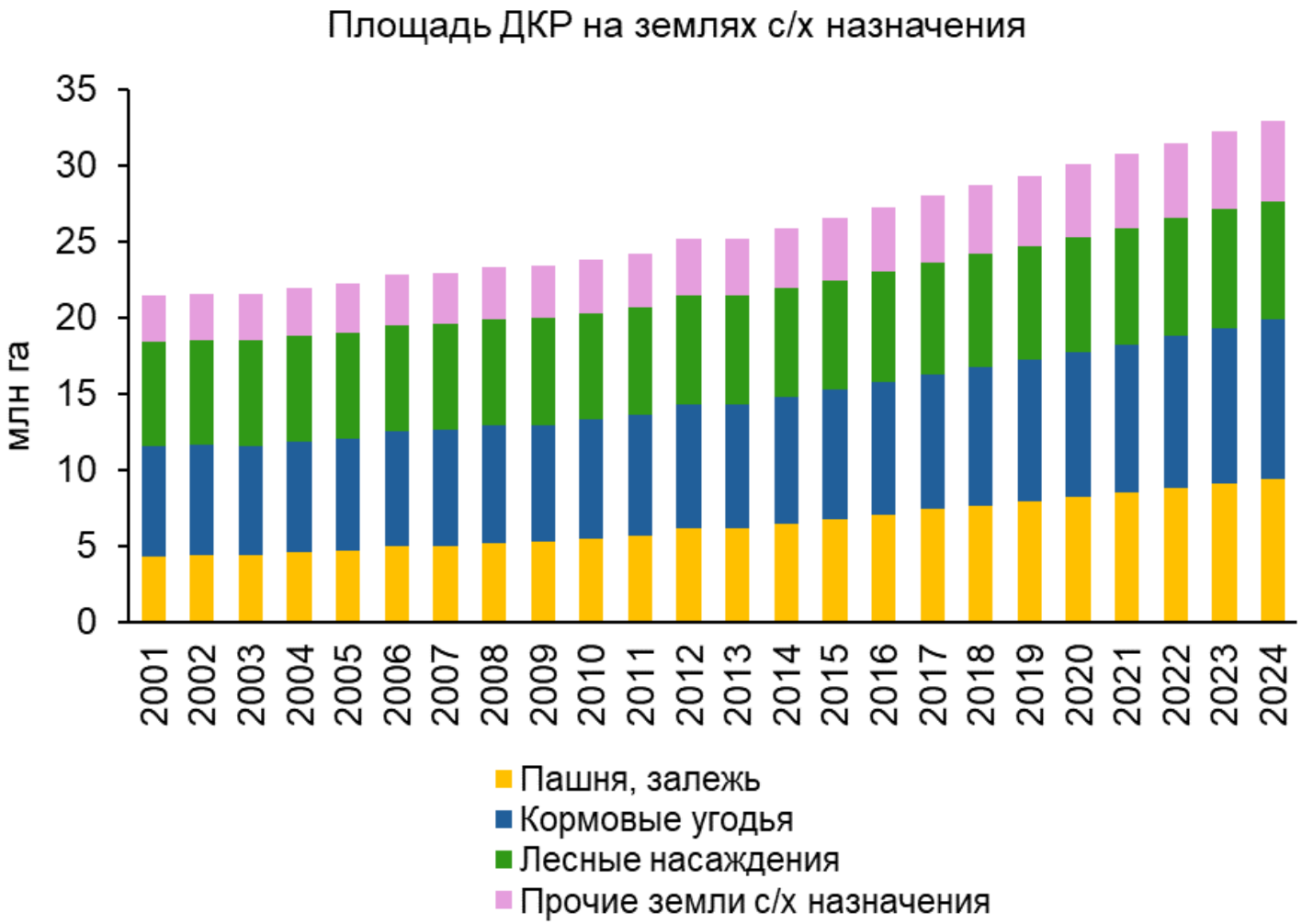
Динамика площади заросших лесами и редколесьями болот в период 2001–2024 гг. по данным ДЗЗ



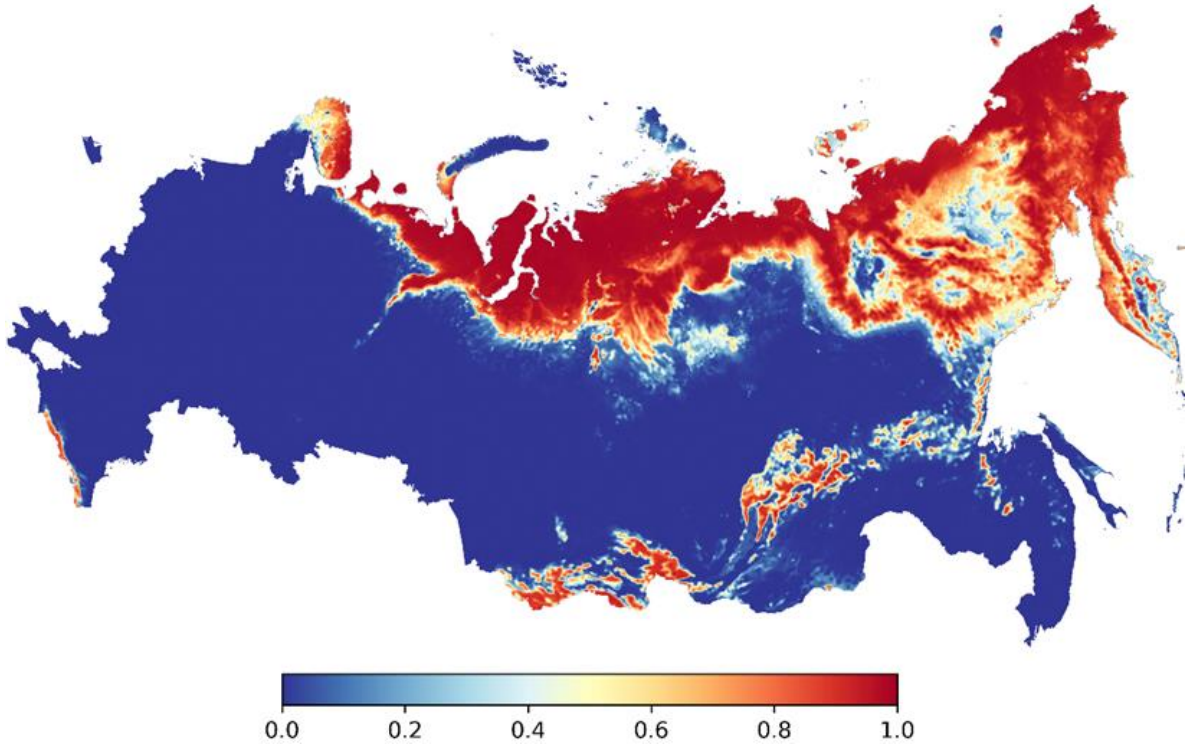
Динамика площади ДКР на землях с/х назначения



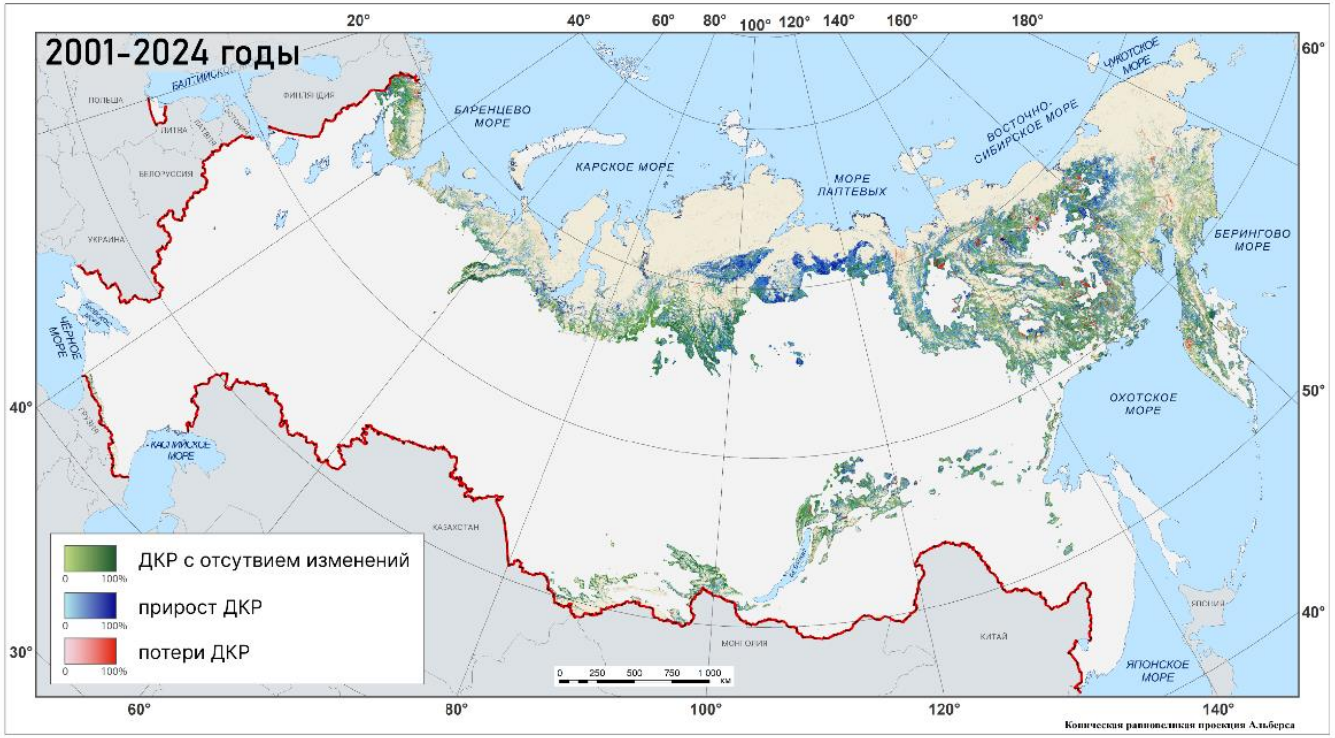




Динамика залесенности земель тундрового и лесотундрового биомов России

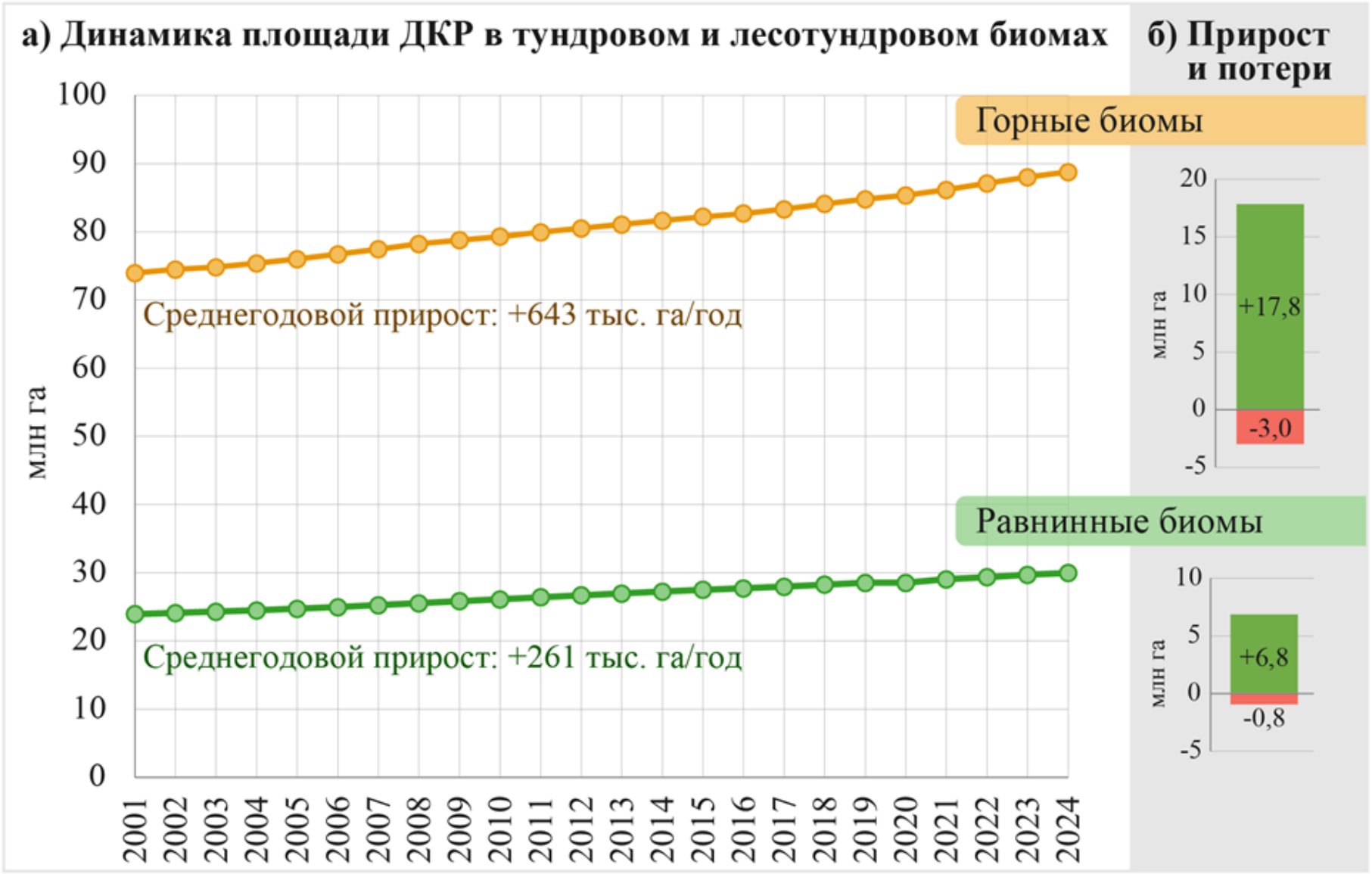


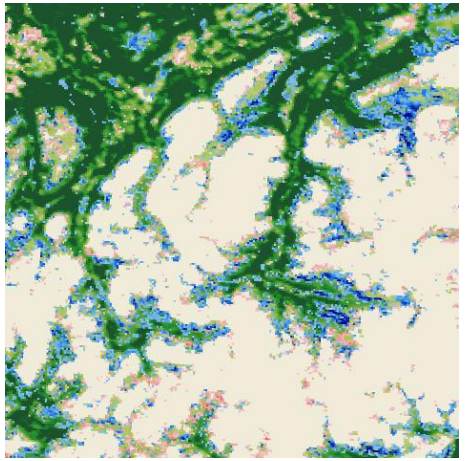
Вероятность распространения тундровой растительности на основе эколого-климатического моделирования



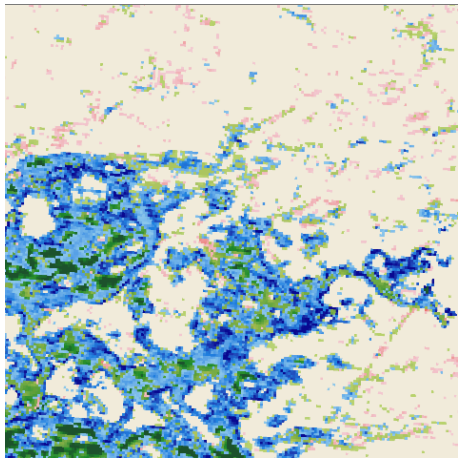
Распространение и динамика ДКР в тундровом и лесотундровом биомах в 2001–2024 гг.

Изменение площади древесной растительности тундрового и лесотундрового биомов России в период 2001–2024 гг.

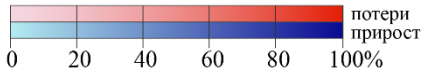




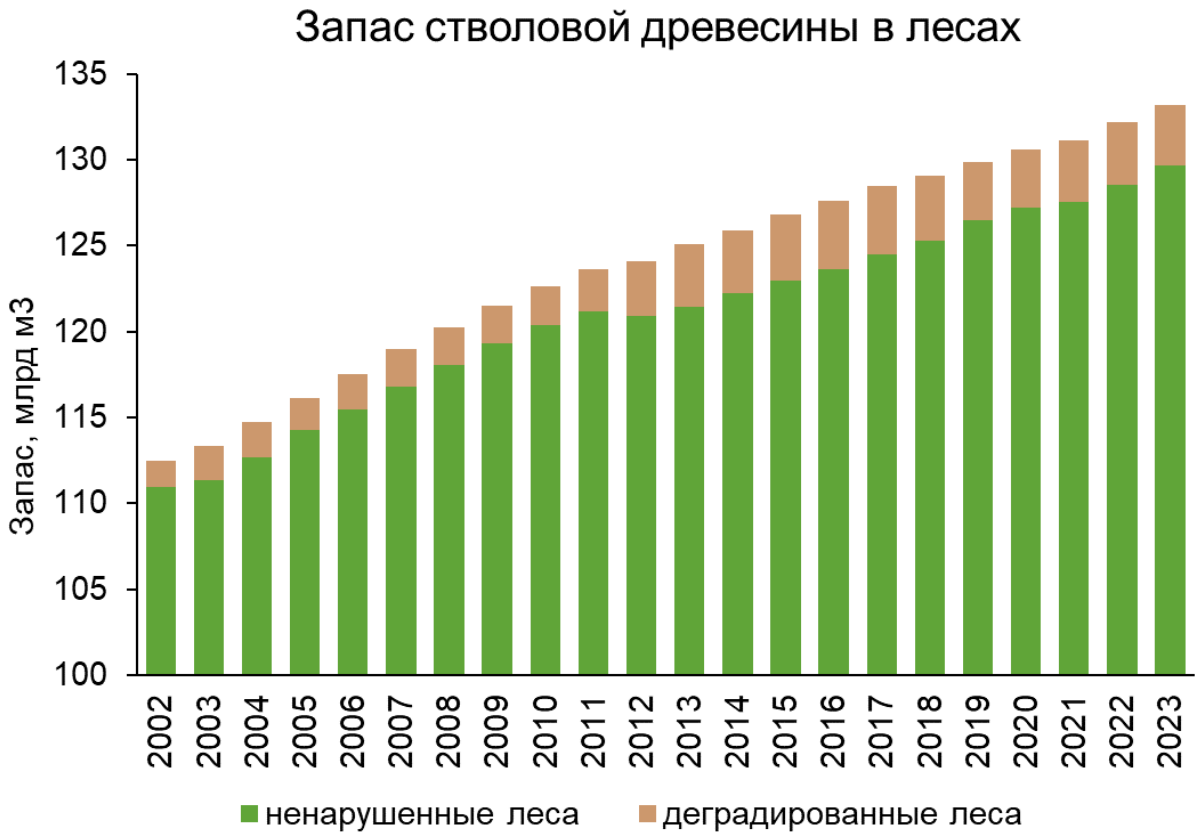
Североуральский
(Мыльникова, Елсаков, 2022)

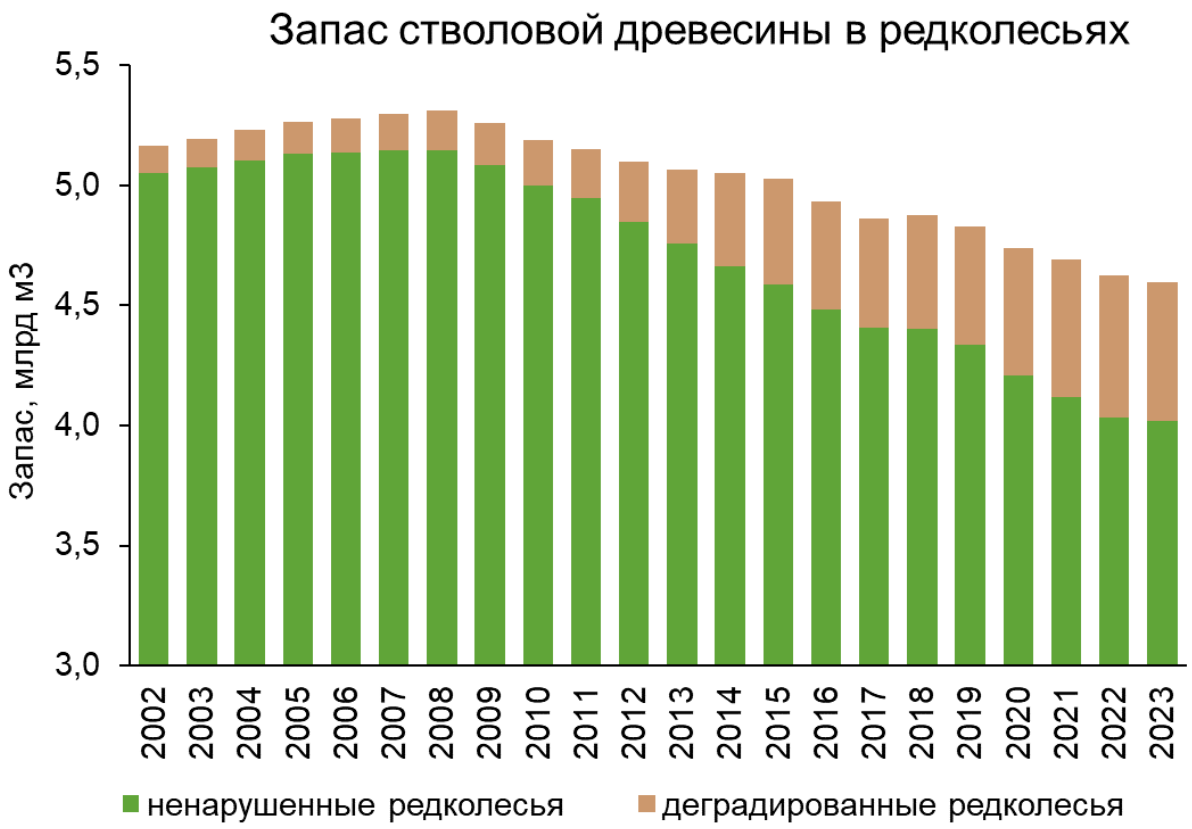


Кольско-Большеземельско-Тазовский
(Болотов, 2012)

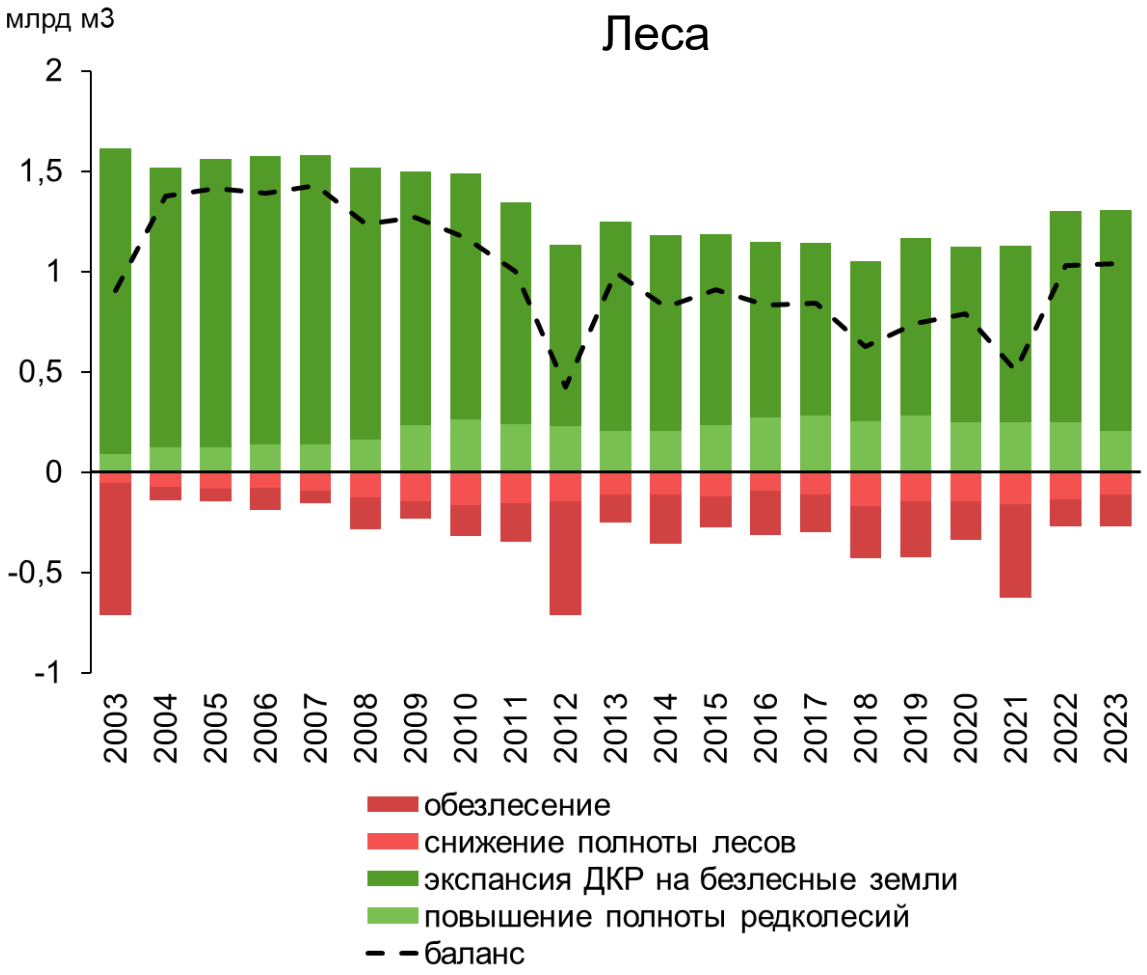


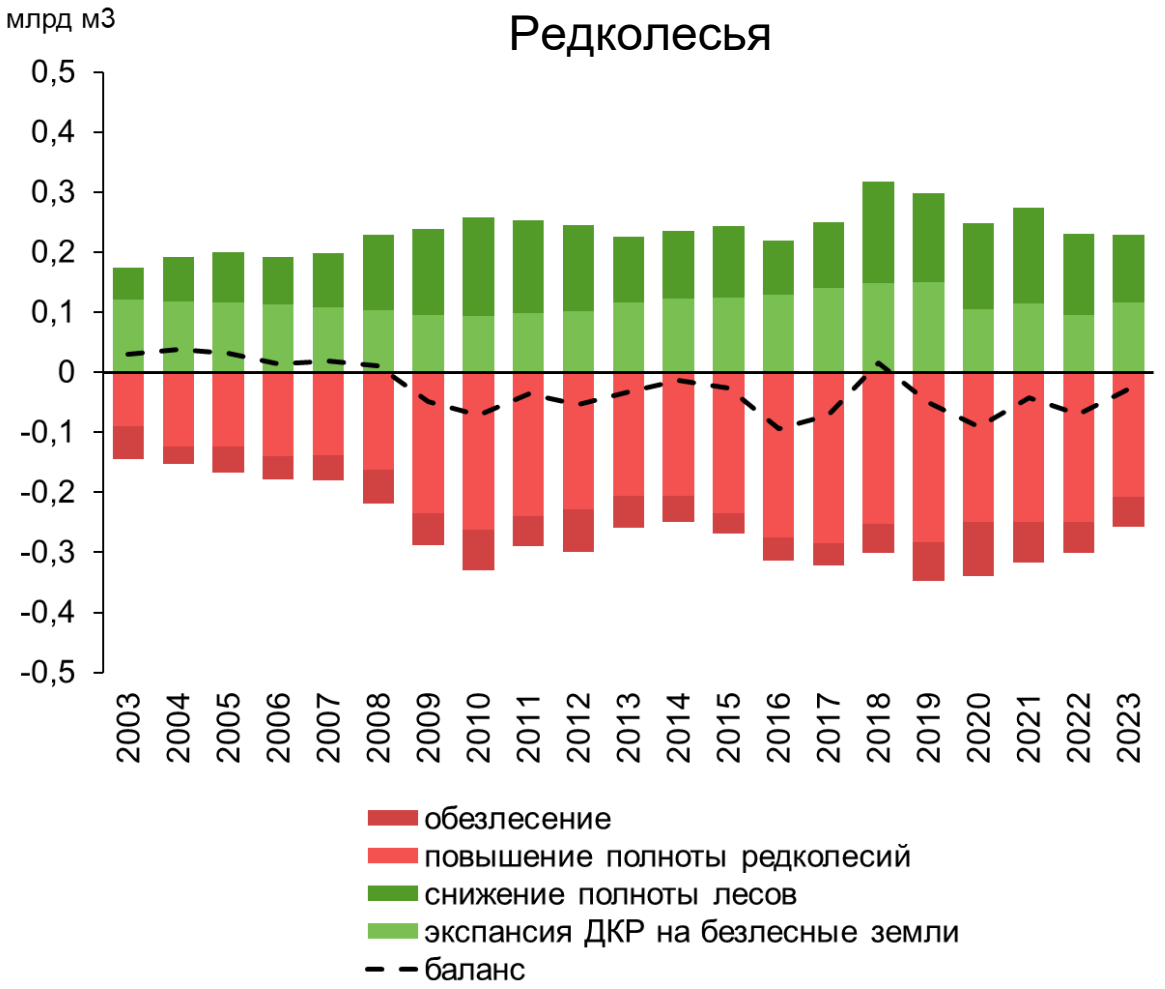
Динамика запаса стволовой древесины ненарушенных и деградированных от воздействия пожаров лесов и редколесий



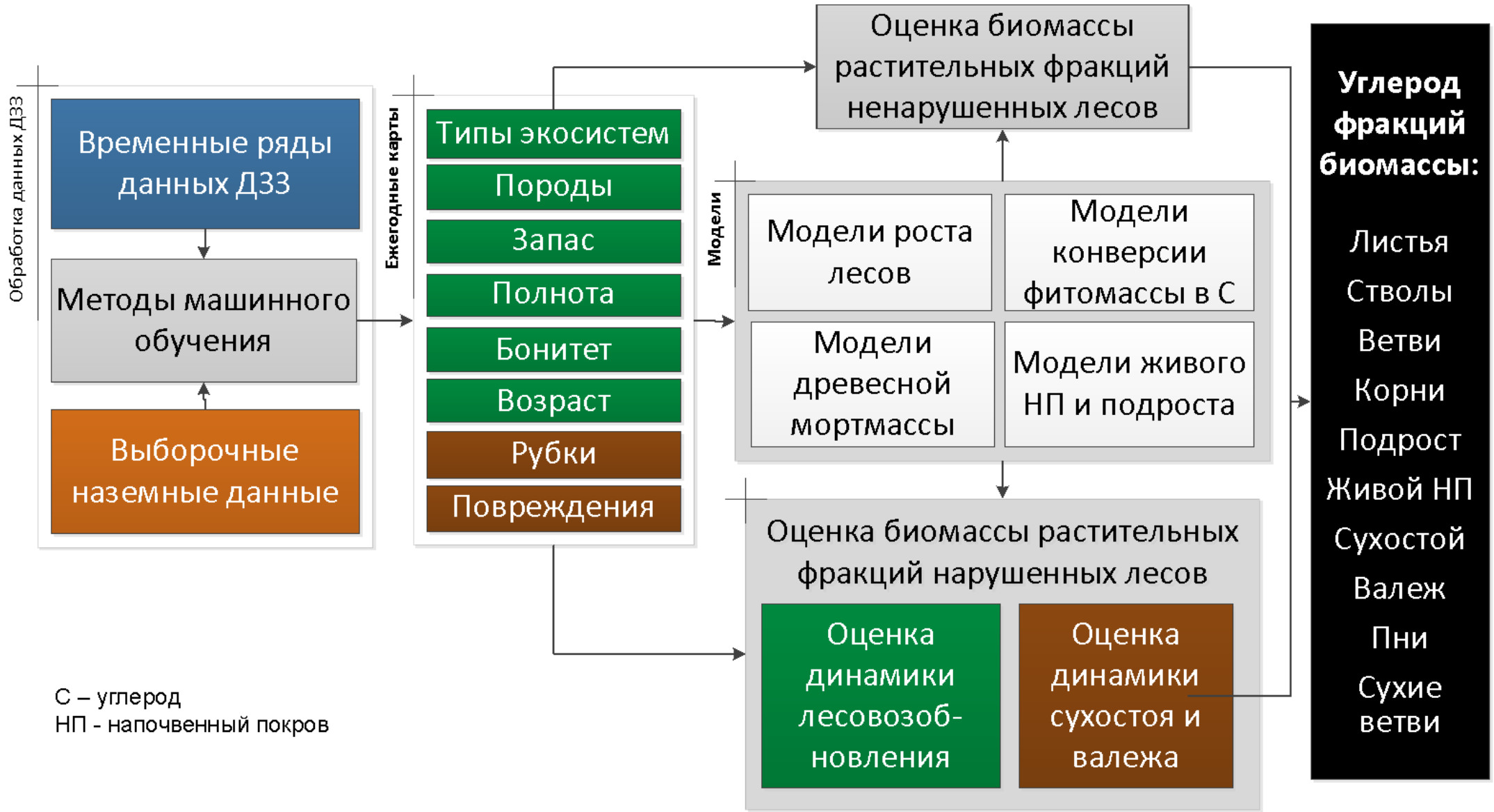


Динамика запаса стволовой древесины лесов и редколесий на территории России





Концептуальная схема системы дистанционной оценки бюджета углерода лесов России



Изменения запаса углерода в растительной биомассе лесов России за период 2001-2025 гг

2001 год

52,4 млрд т С

2025 год

61,8 млрд т С





Динамика запаса углерода в фитомассе и мортмассе лесов

2001 год





47,7 → 55,7
млрд т С

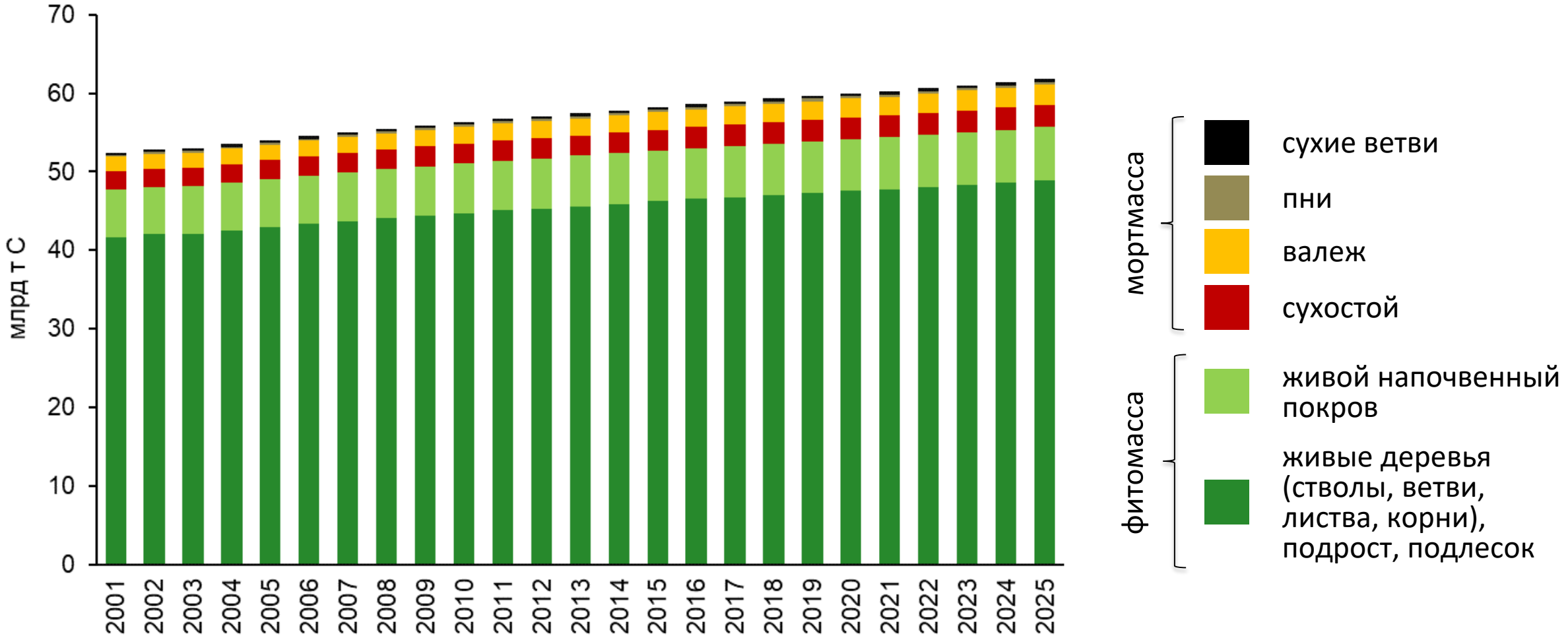
4,7 → 6,1
млрд т С

2025 год

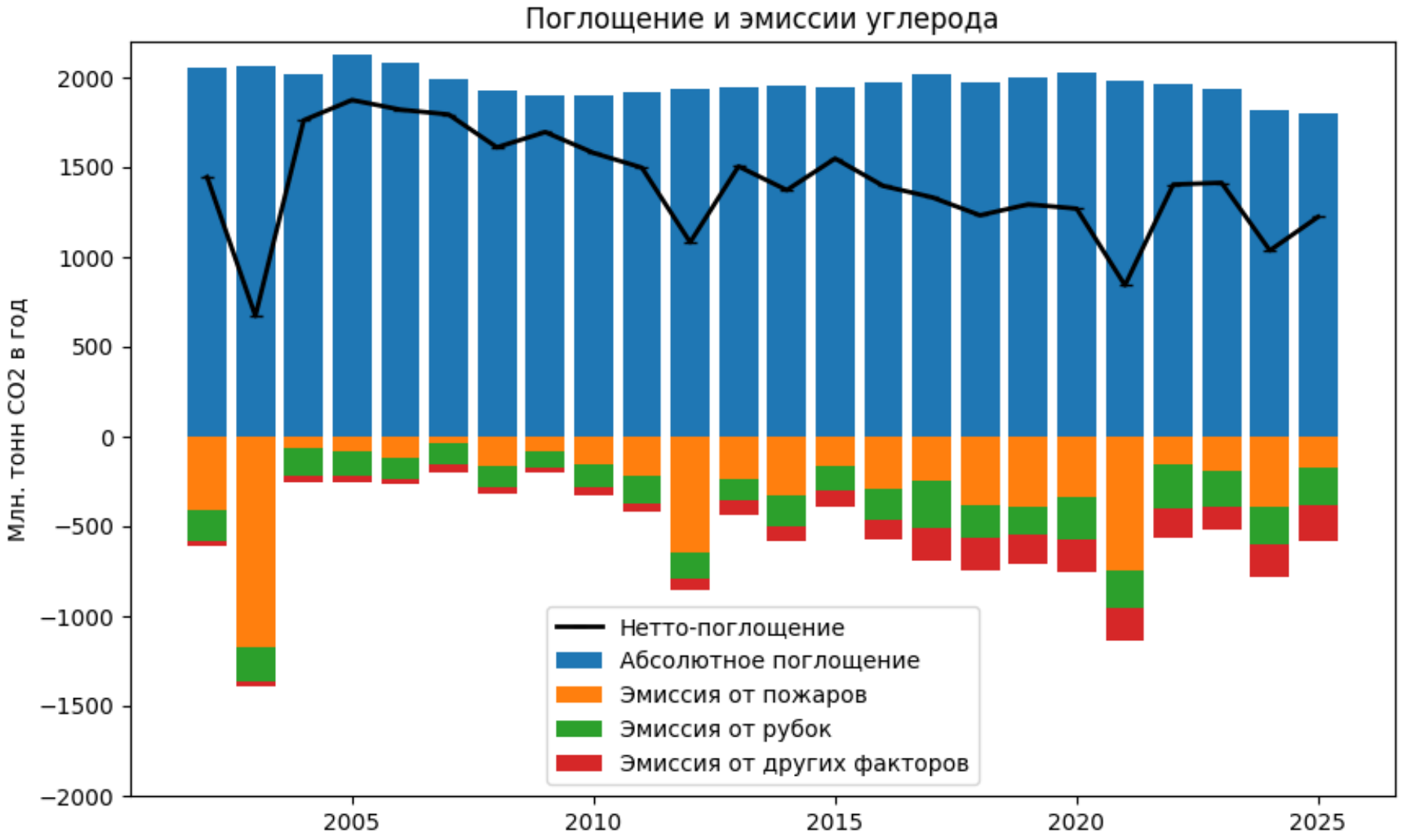




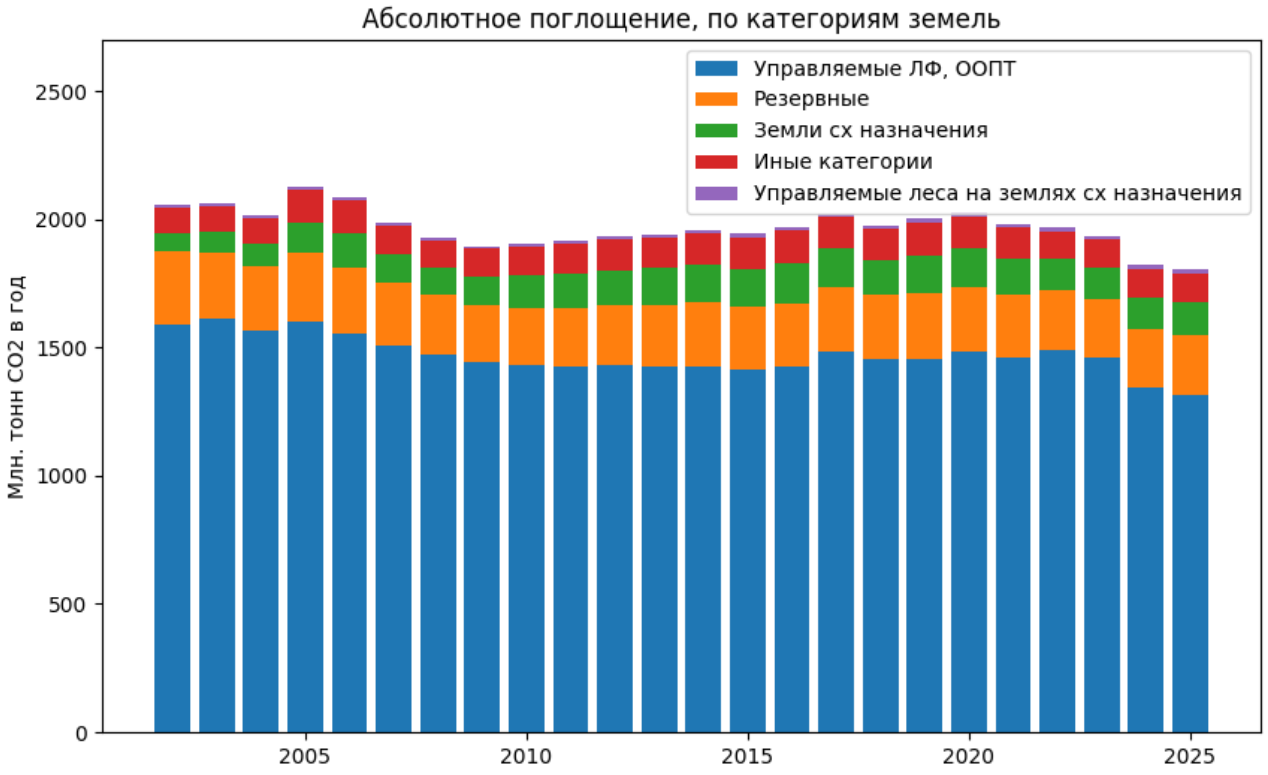
Динамика запаса углерода во фракциях растительной биомассы лесов России

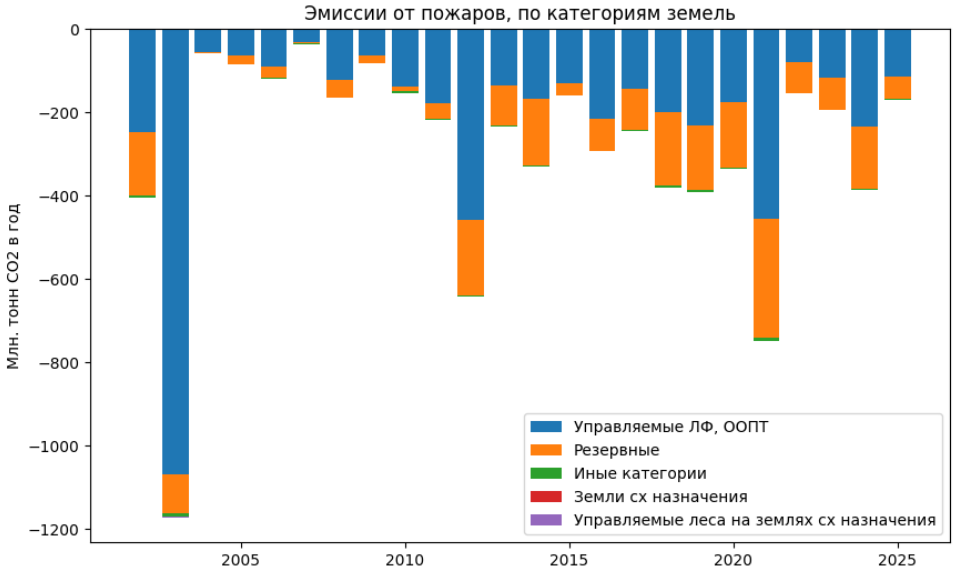


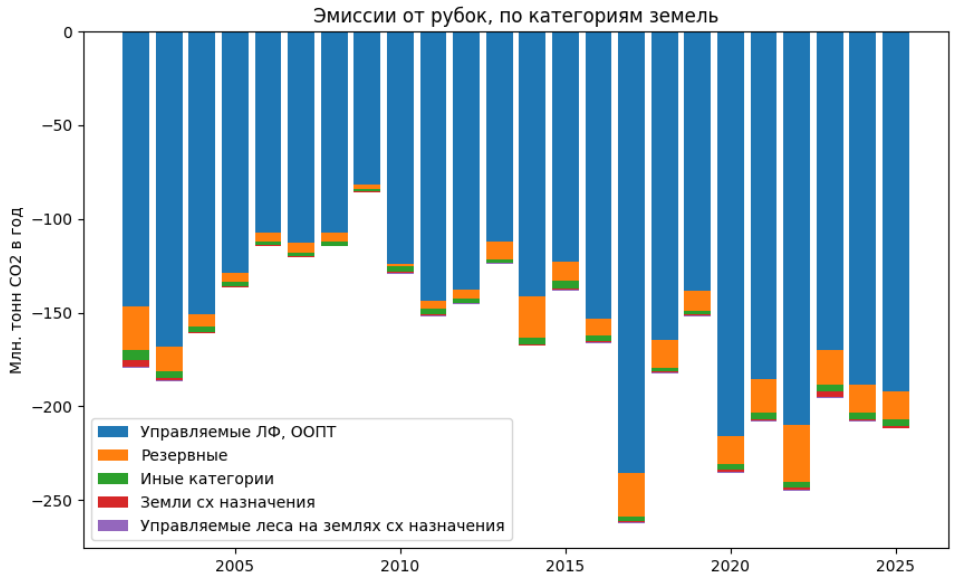
Поглощение и эмиссии углекислого газа в растительной биомассе лесов России



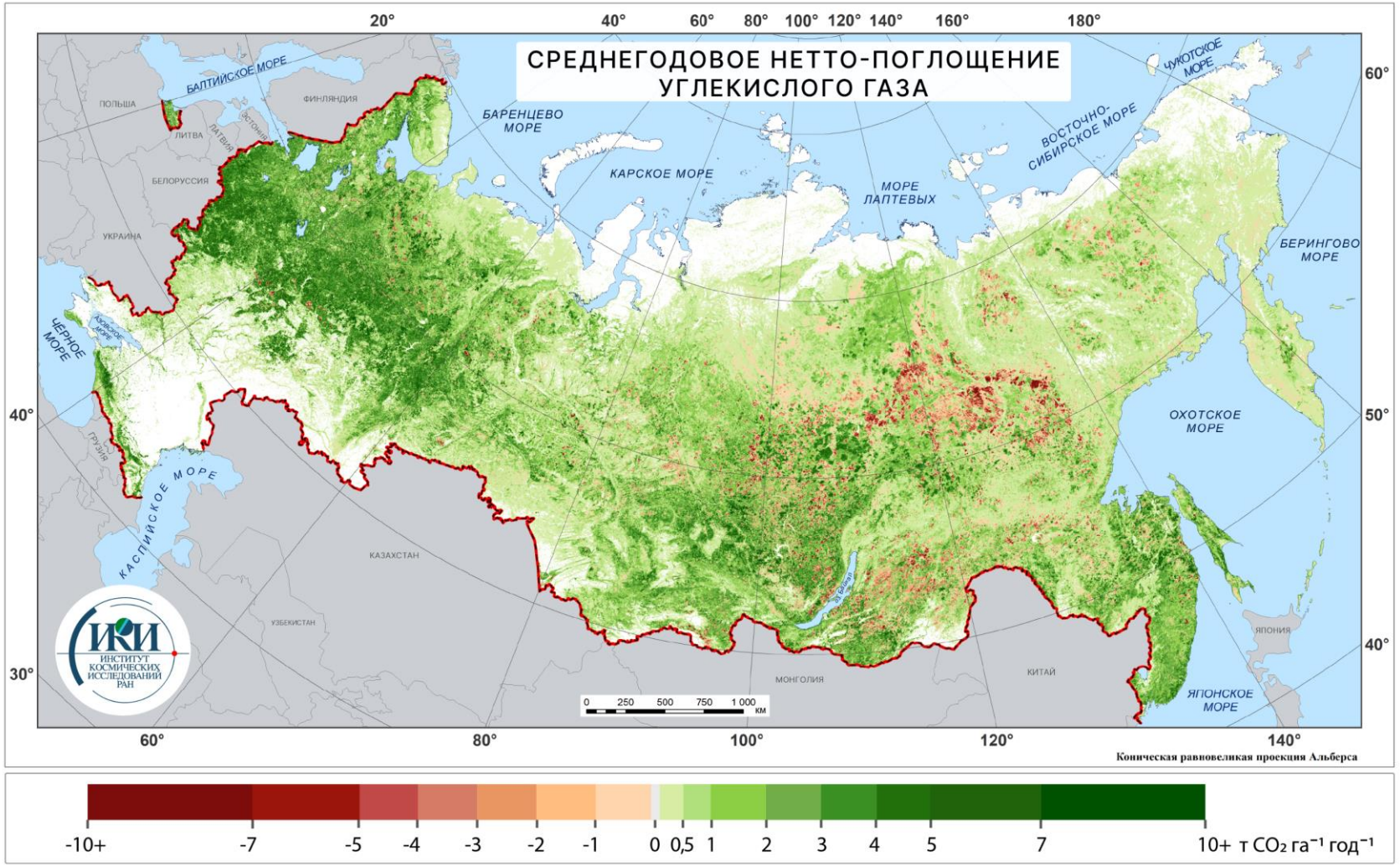
Поглощение и эмиссии углекислого газа в лесах на землях различного целевого назначения







Баланс углерода в растительной биомассе лесов России за период 2001-2025 гг.



Запас углерода:

52,4 → 61,8

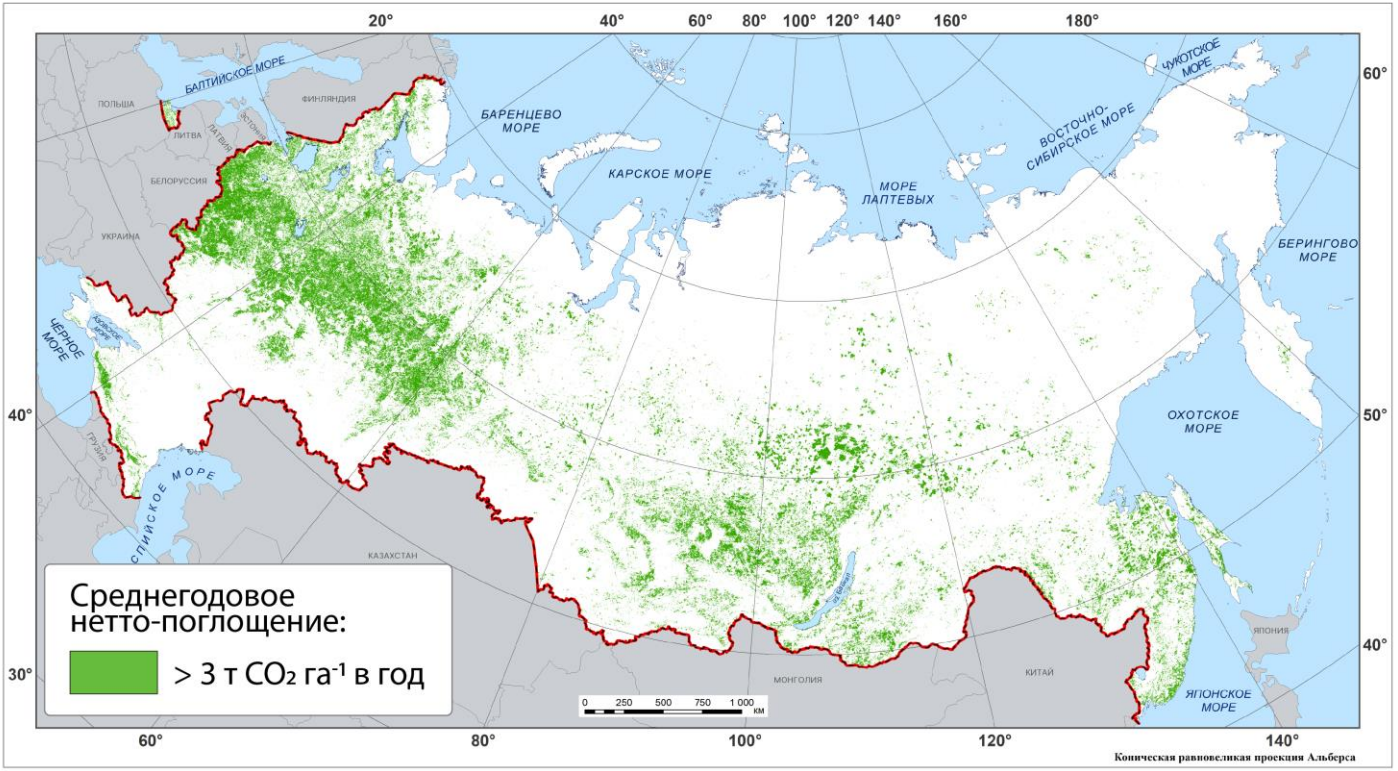
млрд т С

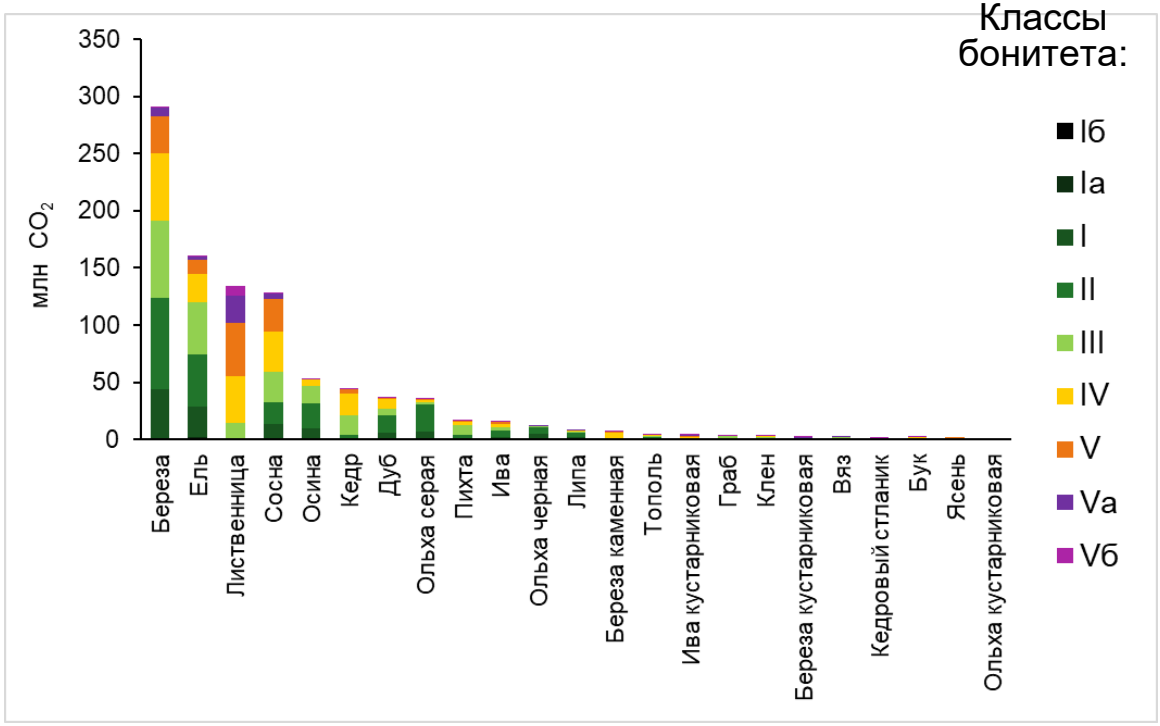
Среднегодовое нетто-поглощение углекислого газа:

1427,3

млн т CO_2 в год

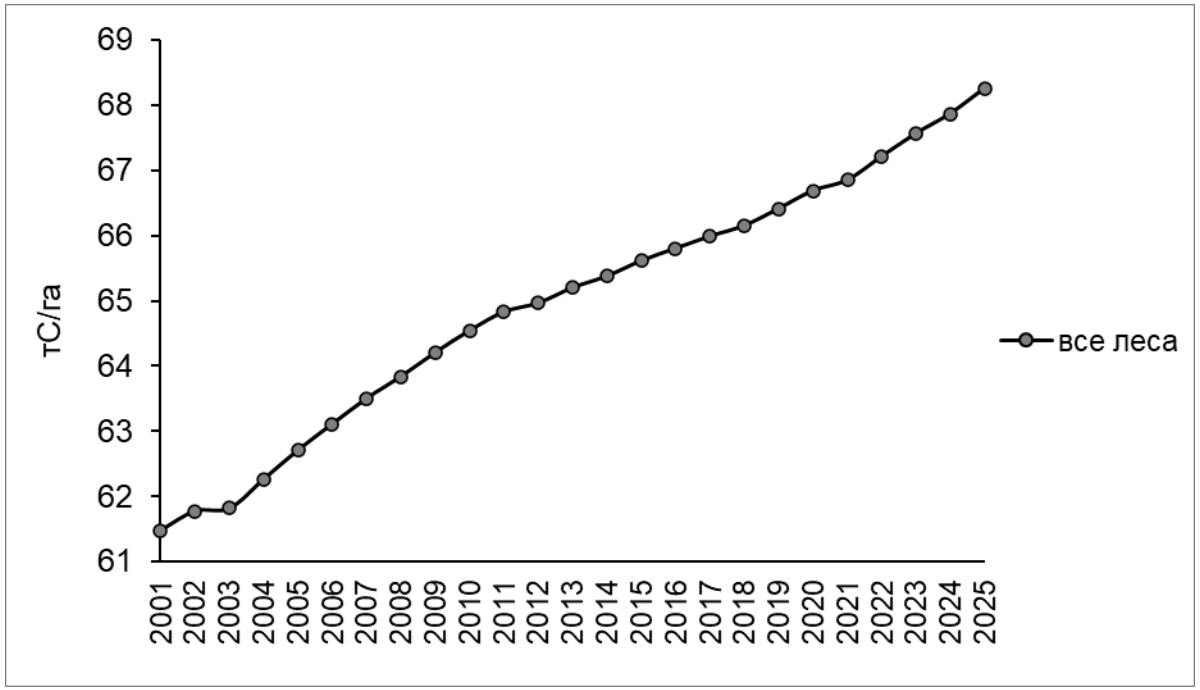
Территории, занимаемые лесами с высокой скоростью поглощения CO_2

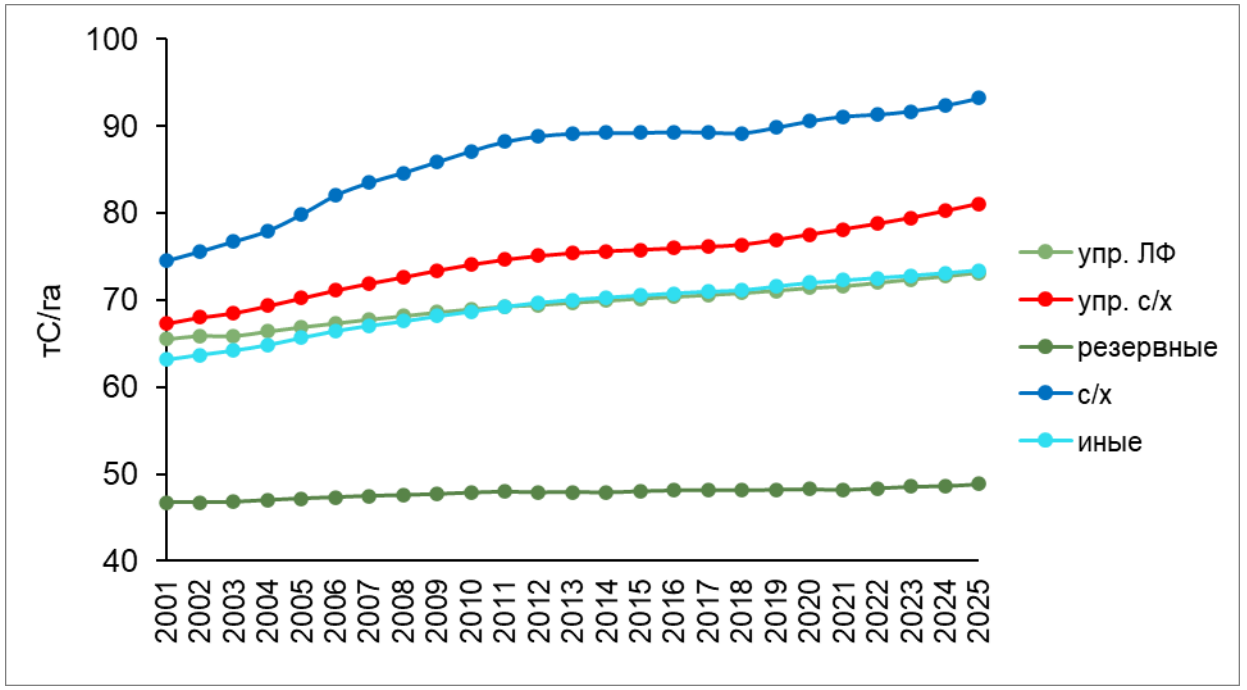




Леса, обладающие наибольшей поглотительной способностью (>3 т CO_2 / га в год), в среднем ежегодно поглощают 994 млн т CO_2. Около 30% среднегодового поглощения CO_2 лесами с высокой поглотительной способностью приходится на насаждения с преобладанием березы преимущественно I-III бонитета.

Динамика удельного запаса углерода в растительной биомассе лесов России





Удельный запас углерода в растительной биомассе лесов:

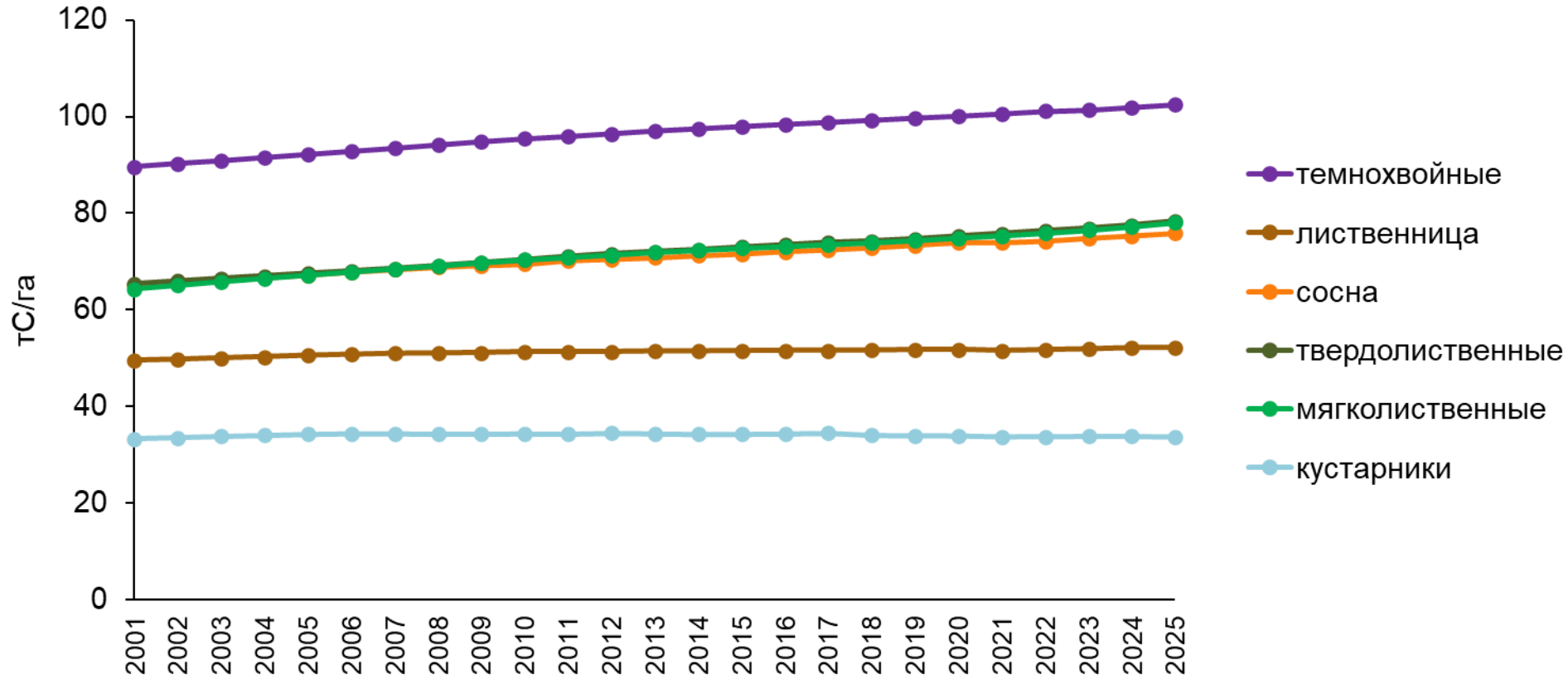
61,5 → 68,2
тС/га

Среднегодовое изменение запаса углерода на единицу лесопокрытой площади:

282,2
кгС/га в год

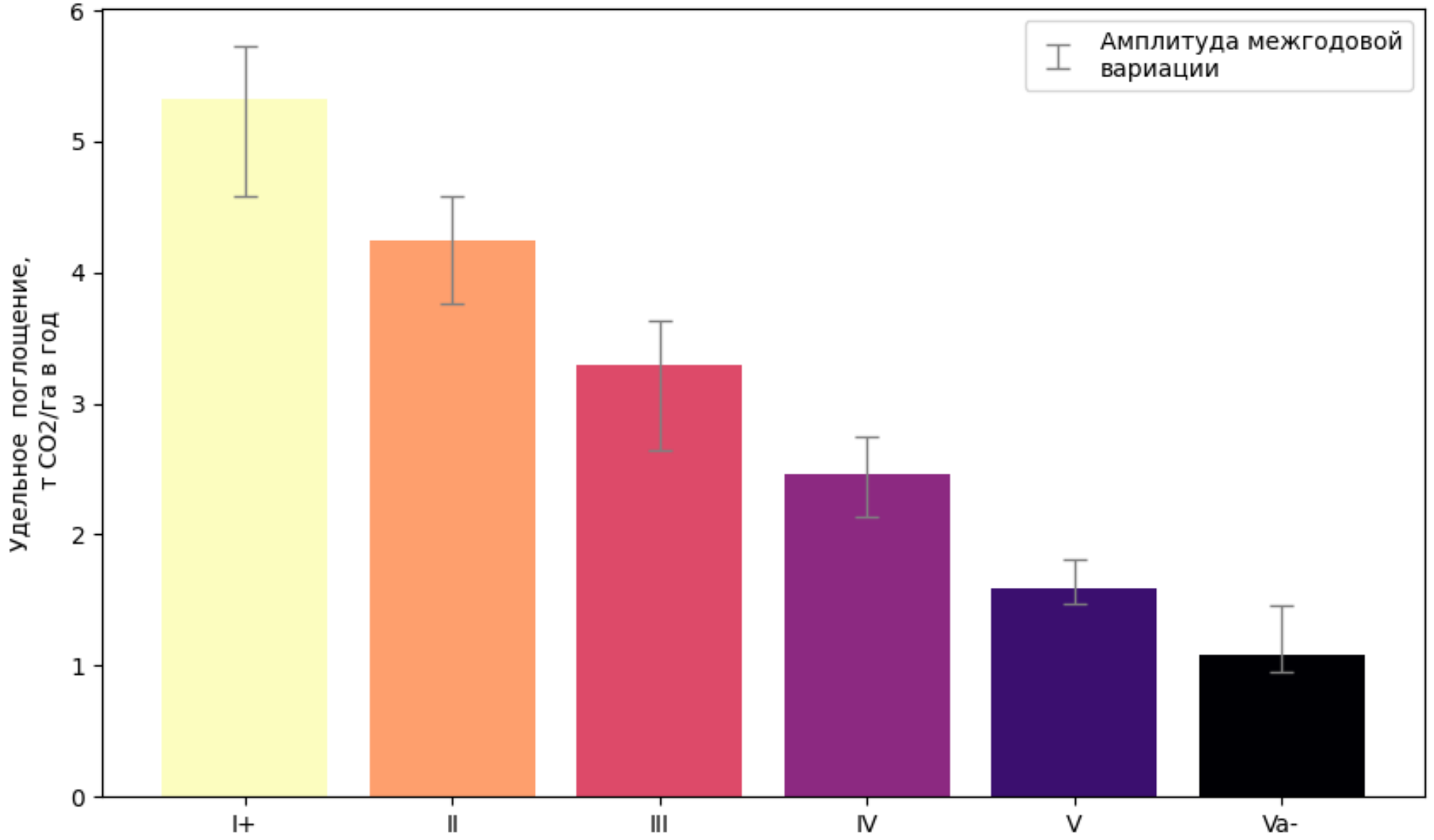
Леса на землях:	ЛФ, ООПТ (управляемые)	Резервные леса	с/х назначения (защ. леса)	с/х назначения	иных категорий
уд. запас 2001, тС/га	65,6	46,8	67,3	74,5	63,1
уд. запас 2025, тС/га	73,1	48,9	81,1	93,2	73,4
среднегод. изменение, кгС/га в год	+315	+88	+573	+780	+429

Динамика удельного запаса углерода в лесах различных преобладающих пород



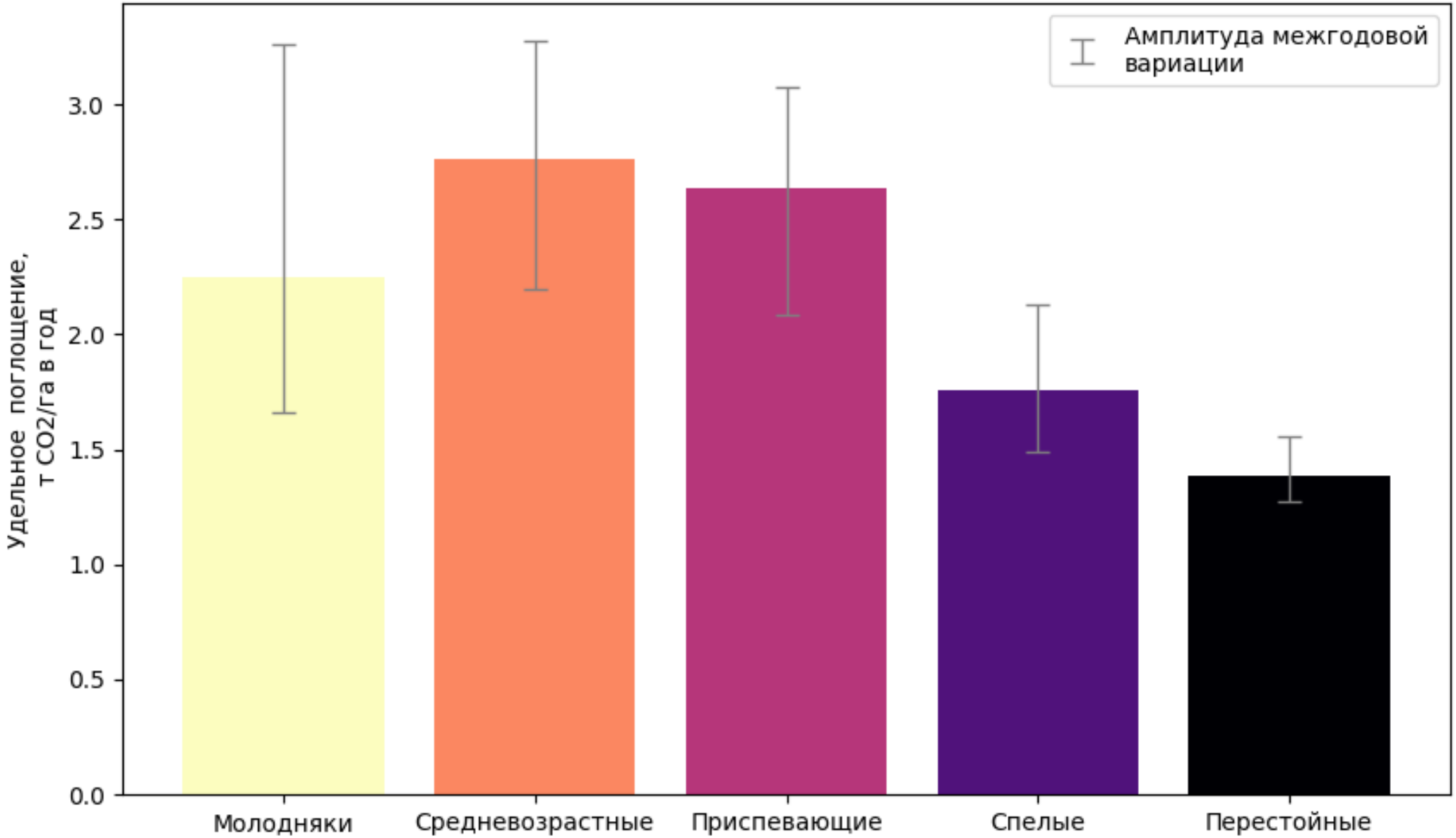
Породы:	Темнохвойные	Лиственница	Сосна	Твердолиственные	Мягколиственные	Кустарники
уд. запас 2001, тС/га	89,6	49,5	65,1	65,4	64,4	33,3
уд. запас 2025, тС/га	102,5	52,2	75,8	78,3	78,1	33,7
среднегод. изменение, кгС/га в год	+539	+111	+448	+541	+571	+14

Среднее удельное поглощение углекислого газа лесами различных классов бонитета



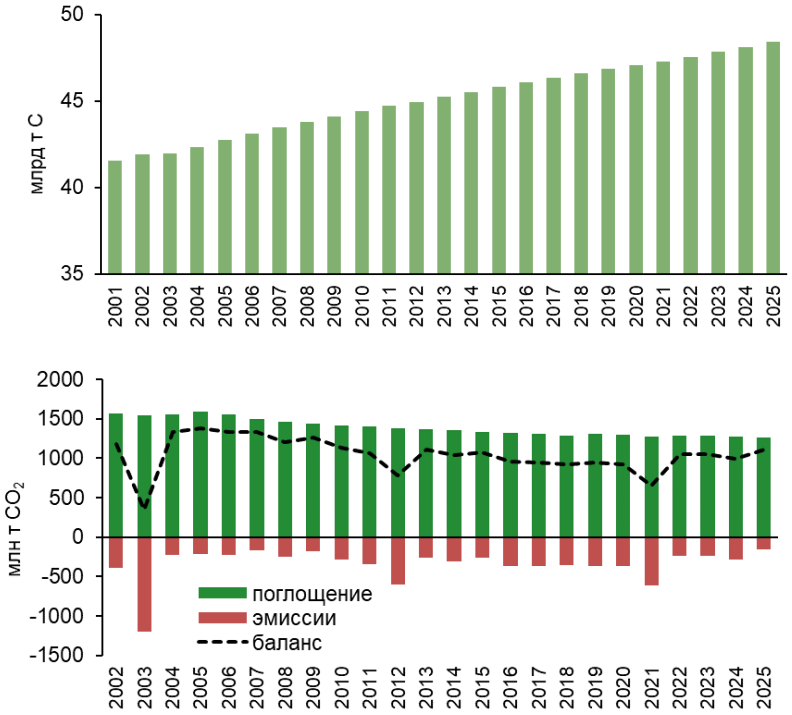

ИКИ
ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
РАН
Спасибо за внимание !

Среднее удельное поглощение углекислого газа по группам возраста



Динамика запаса и баланса углерода в лесах на подлежащих учету лесов землях

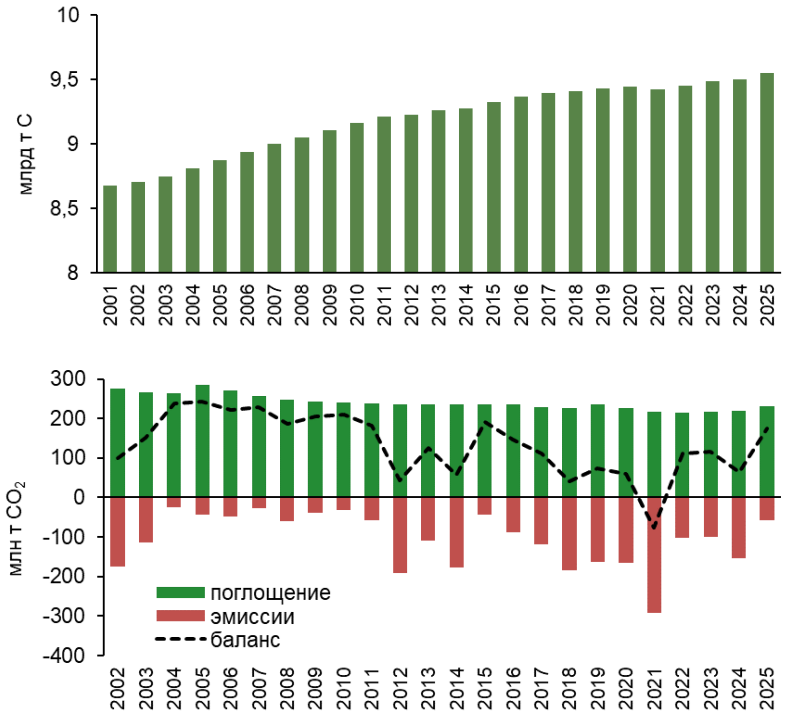
Управляемые леса на землях лесного фонда, ООПТ и др.



Запас углерода:
41,6 → 48,4
млрд т С

среднегодовое нетто-поглощение:
1046,8
млн т CO_2 в год

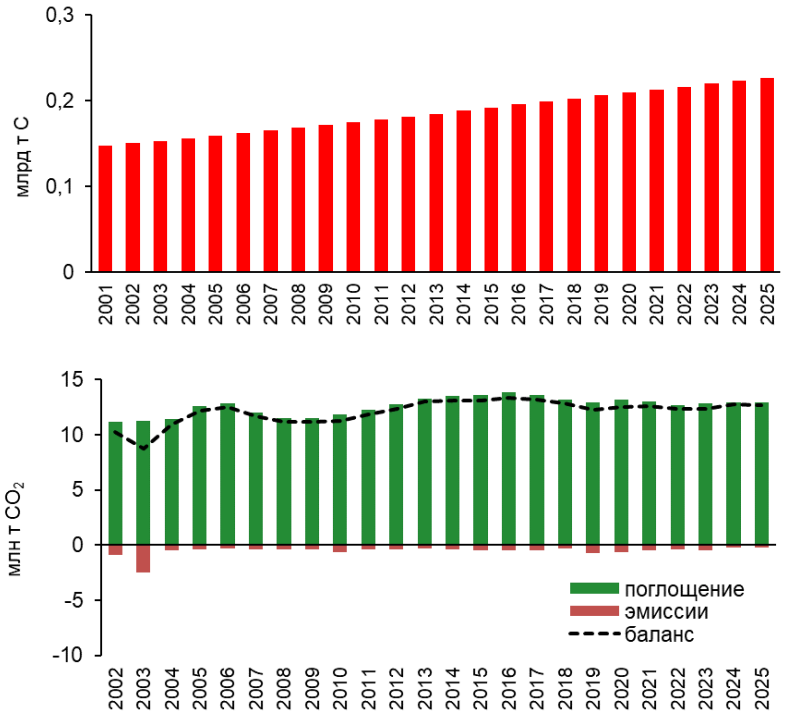
Резервные леса на землях лесного фонда



Запас углерода:
8,7 → 9,5
млрд т С

среднегодовое нетто-поглощение:
133,5
млн т CO_2 в год

Управляемые леса на землях с/х назначения

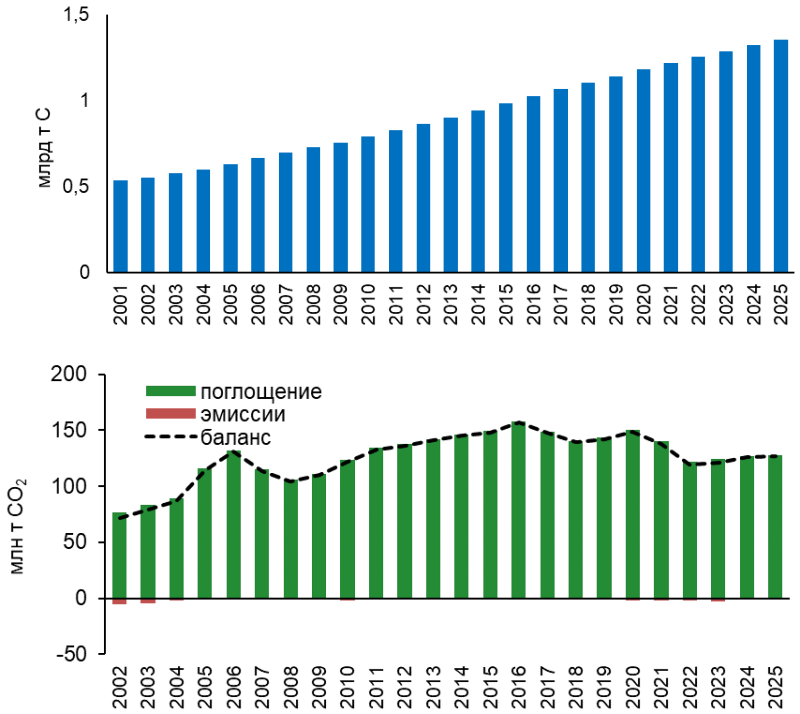


Запас углерода:
0,15 → 0,23
млрд т С

среднегодовое нетто-поглощение:
12,1
млн т CO_2 в год

Динамика запаса и баланса углерода в лесах на не подлежащих учету лесов землях

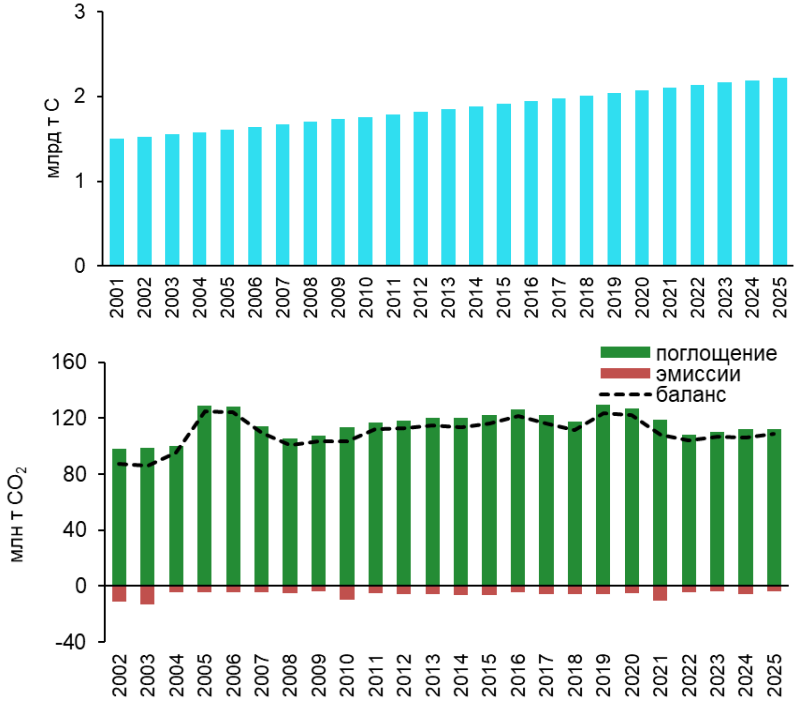
Земли с/х назначения



Запас углерода:
0,5 → 1,3
млрд т С

среднегодовое нетто-поглощение:
125,1
млн т CO_2 в год

Земли иных категорий, включая оленьи пастбища



Запас углерода:
1,5 → 2,2
млрд т С

среднегодовое нетто-поглощение:
109,7
млн т CO_2 в год

Среднее удельное поглощение углекислого газа лесами различных преобладающих пород

