



Построение карты наземных экосистем России на основе данных прибора VIIRS

Сайгин И.А., Барталев С. А., Стыценко Ф. В..

Институт космических исследований РАН

XXIII международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»

10-14 ноября 2025 г.

Москва, ИКИ РАН

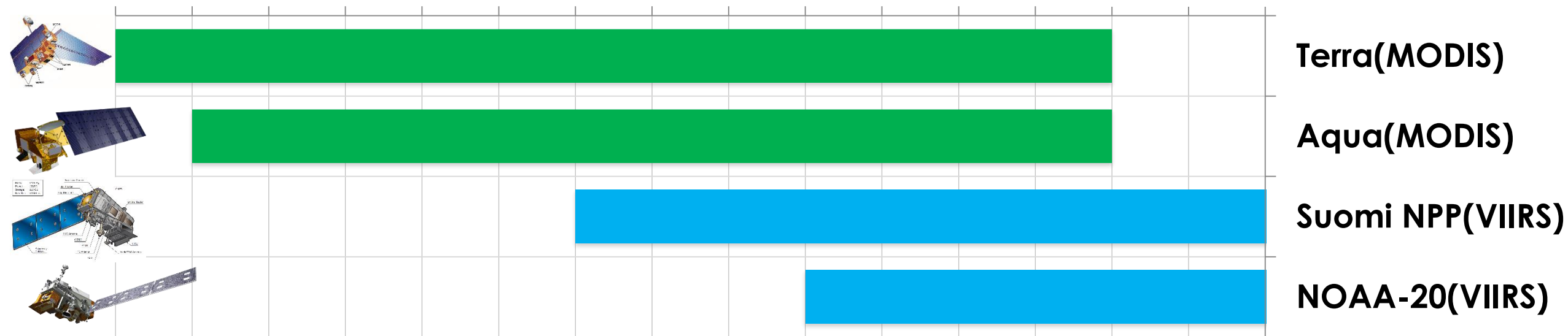
Актуальность работы

Работы по спутниковому картографированию наземных экосистем ведутся в ИКИ РАН на протяжении ряда лет. Выполненные ранее работы позволили получить временные ряды карт растительности, начиная с 2001 года, а также методы их ежегодной актуализации. В настоящее время регулярное картографирование наземных экосистем выполняется на основе разносезонных данных радиометра MODIS, установленного на спутниках TERRA и AQUA.



Срок службы спутниковых приборов

1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015 2017 2019 2021 2023 202?



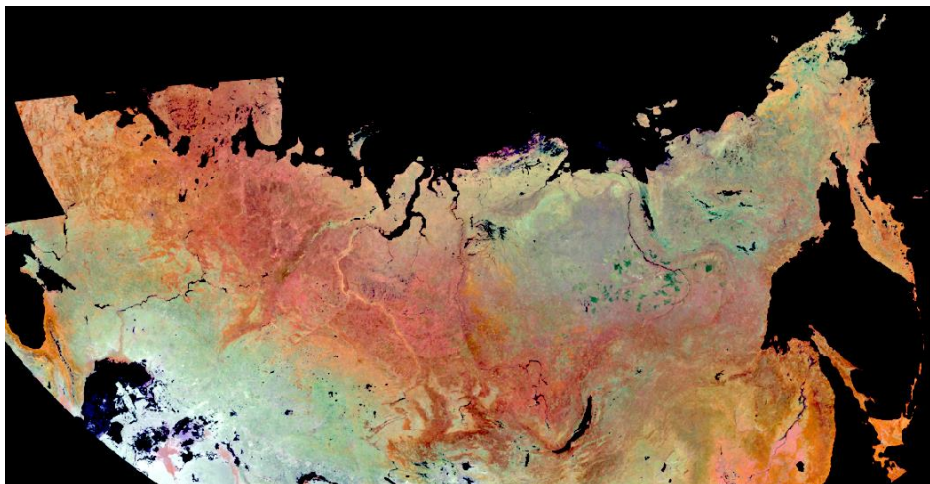
Используемые данные

Спектральные каналы приборов MODIS и VIIRS, используемые для классификации растительного покрова

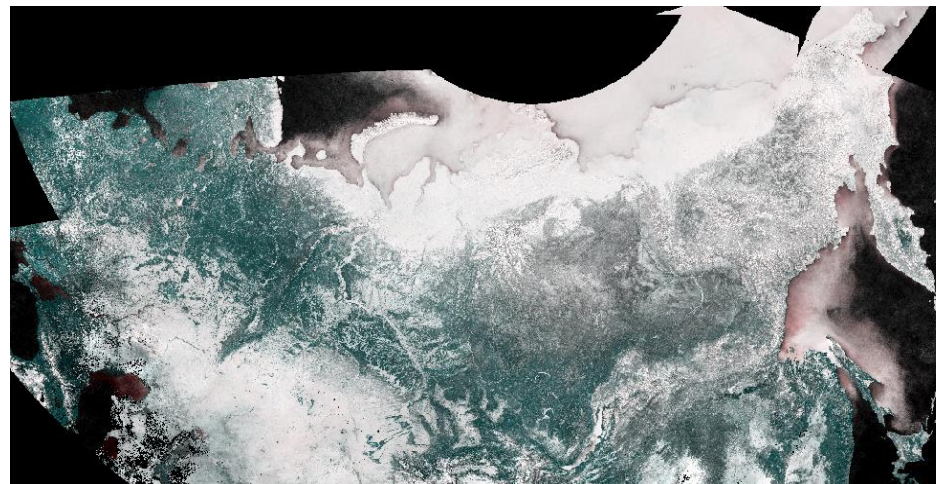
Спектральный диапазон	VIIRS			MODIS		
	Канал	Диапазон, мкм	Разрешение, м	Канал	Диапазон, мкм	Разрешение, м
Красный	11	0.600 - 0.680	375	1	0.620 - 0.670	250
Ближний ИК	12	0.846 - 0.885	375	2	0.841 - 0.876	250
Средний ИК	13	1.580 - 1.640	375	6	1.628 - 1.652	500

Данный прибор является приемником аппарата MODIS, в частности имеет схожие характеристики для наиболее информативных при изучении растительности спектральных каналов, используемых при классификации растительного покрова. Схожее пространственное разрешение и высокая периодичность съемки потенциально позволяют применять разработанные ранее методы для решения широкого круга задач мониторинга растительности на территории России.

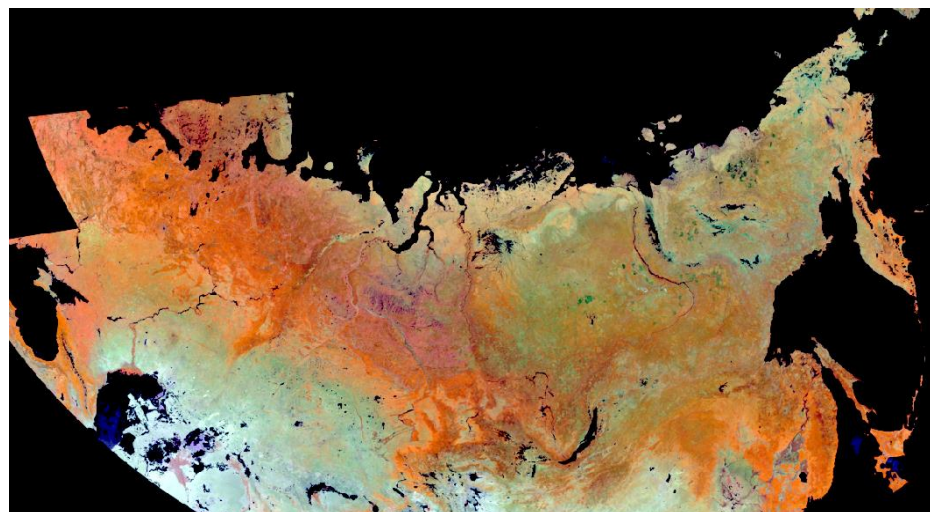
Спутниковые изображения VIIRS России в период с 2018 по 2024 года



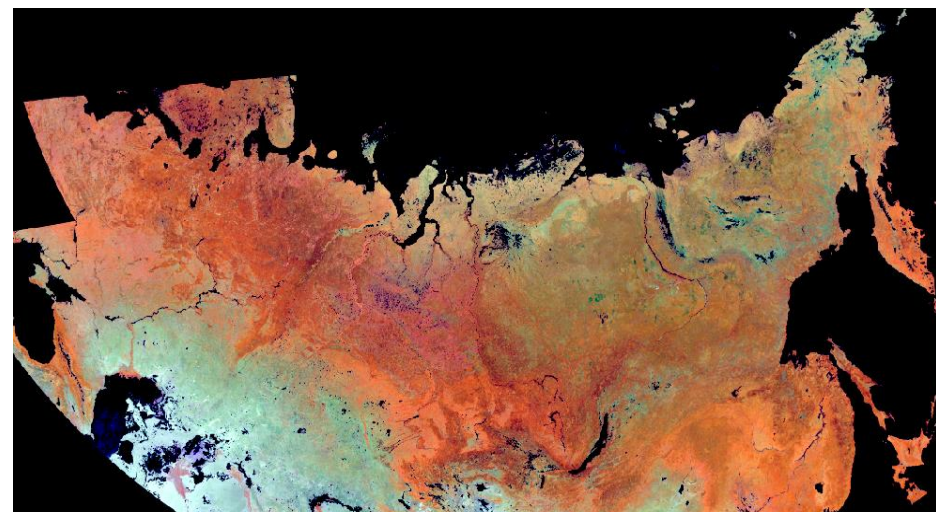
осеннее изображение (RGB= NIR; SWIR; Red)



зимнее изображение (RGB= Red;Red;NIR)



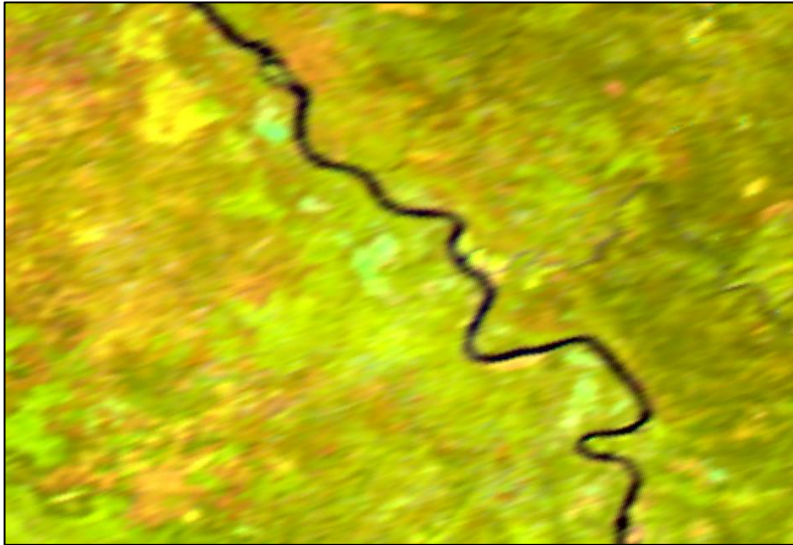
весеннее изображение (RGB= NIR; SWIR; Red)



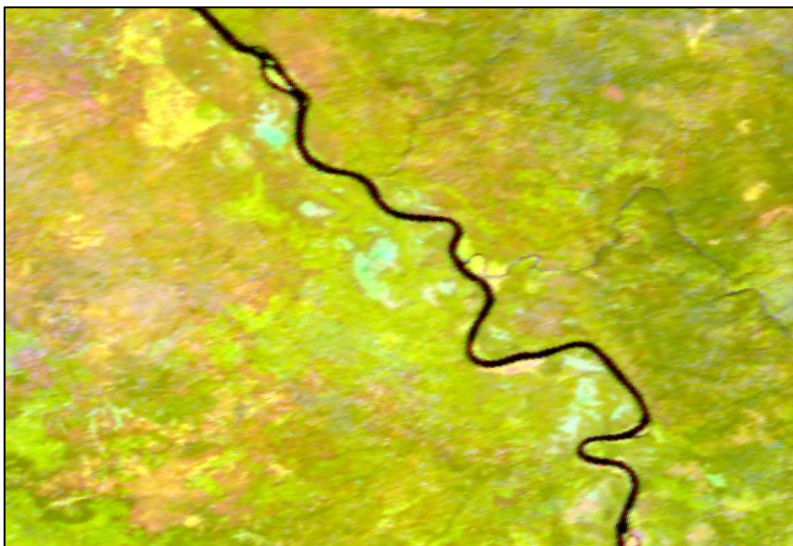
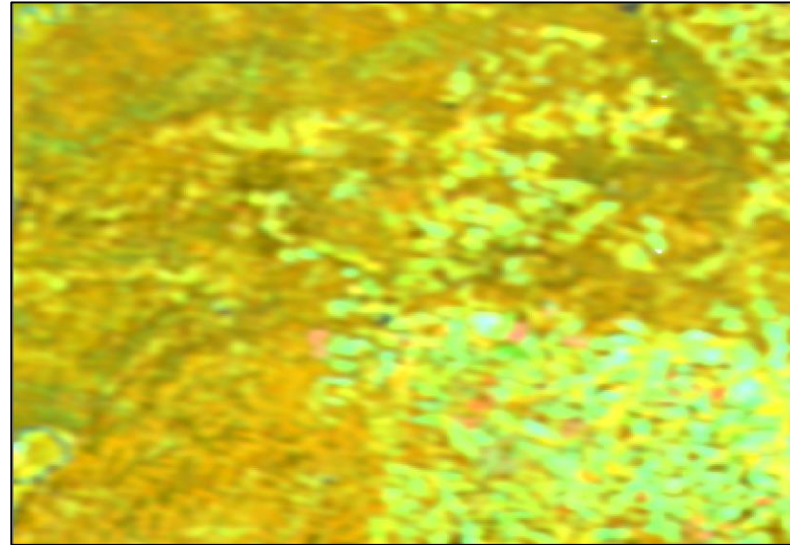
летнее изображение (RGB= NIR; SWIR; Red)

- весенний период (135 день года);
- летний период (195 день года);
- осенний период (255 день года);
- зимний период с наличием снежного покрова (декабрь-апрель).

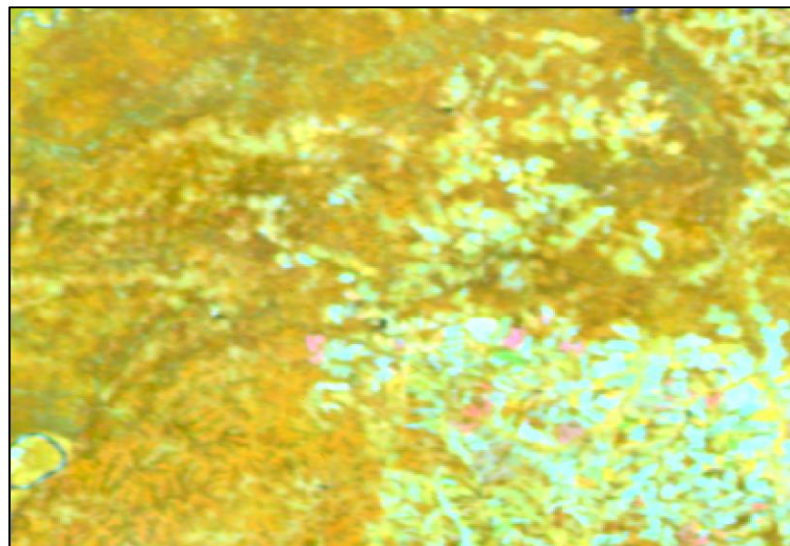
Спутниковые изображения VIIRS и MODIS



VIIRS



MODIS



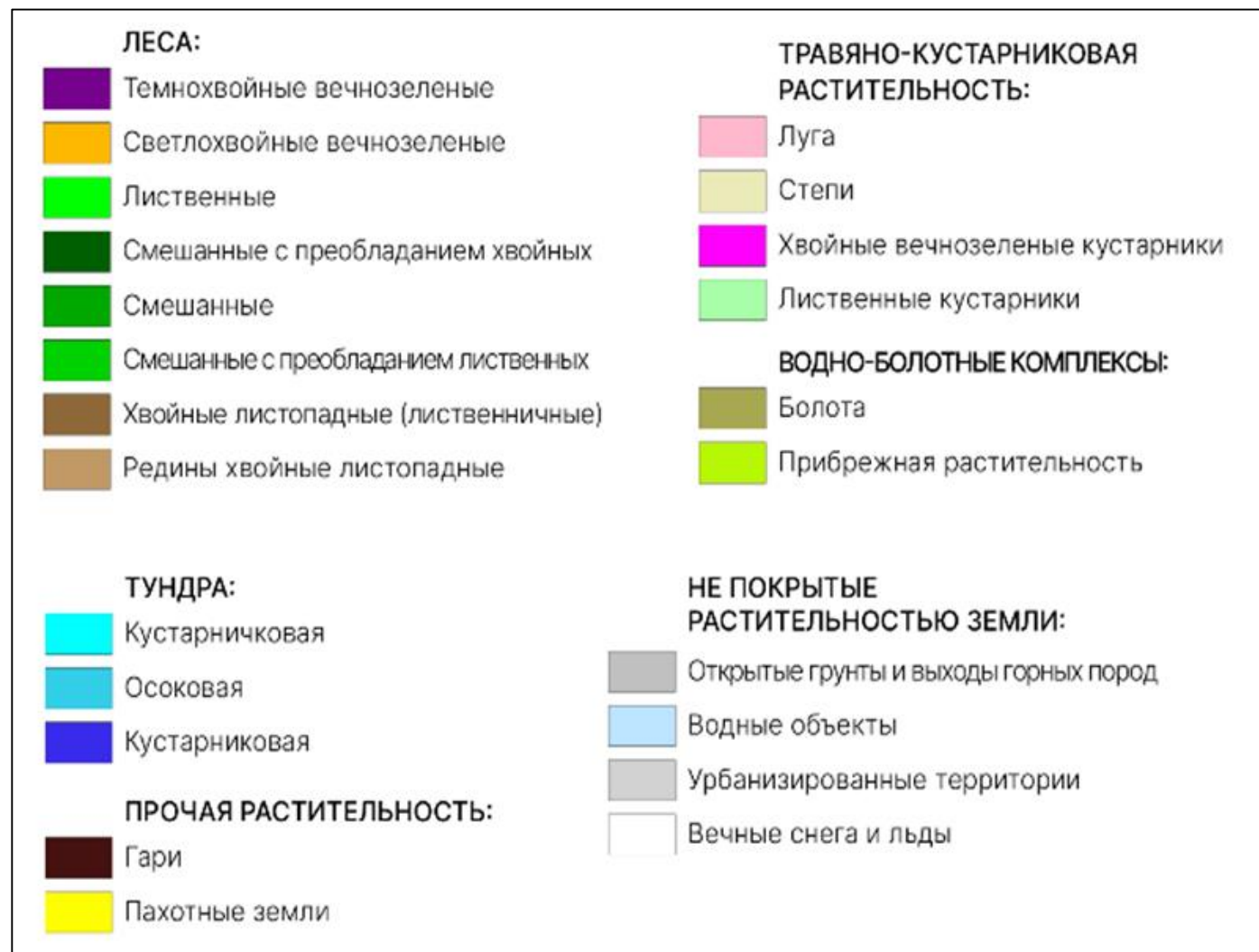
Фрагменты
комpositных
изображений,
полученные по
данным за 2021
год

Синтез:
Red - NIR
Green - SWIR
Blue - Red

Обучающая выборка

Отправной точкой для формирования карт в свое время была использована карта наземных экосистем Северной Евразии, созданная на основе полученных в 2000 году спутниковых данных SPOT-Vegetation, имеющих пространственное разрешение около 1 км (Bartalev et al., 2003).

Тематическое содержание карт типов наземных экосистем включает **23** основных классов наземных экосистем, включая **9 лесных**.

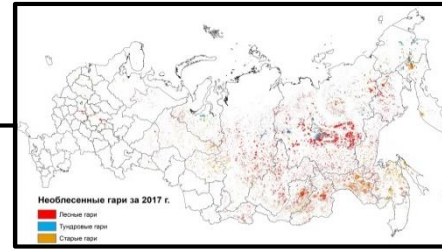


Формирование предварительной обучающей выборки

Опорная карта растительного покрова по данным MODIS



Внешние продукты (гари, с/х, урбанизированная территория, вечные снега)



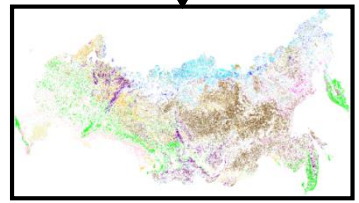
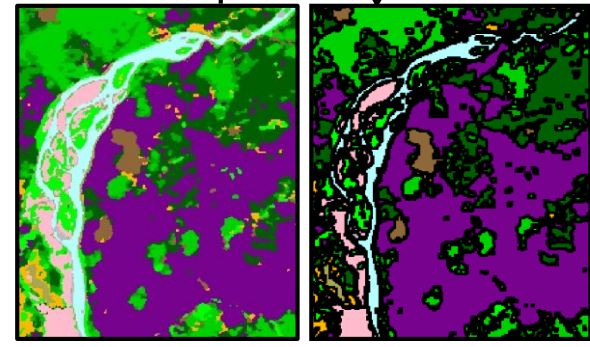
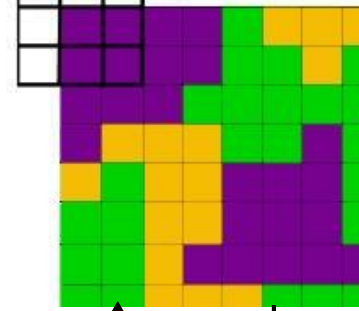
Фильтрация на основе внешних продуктов

Фильтрация граничных условий

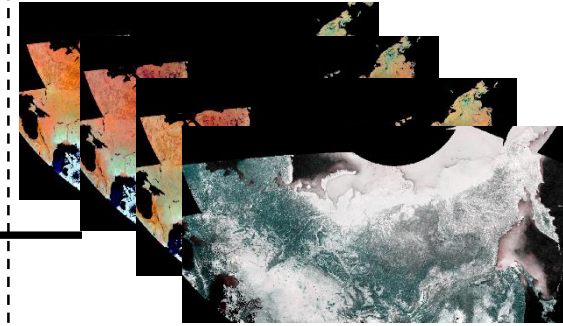
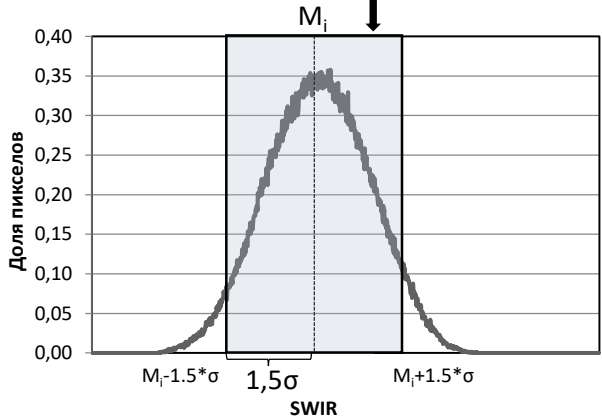
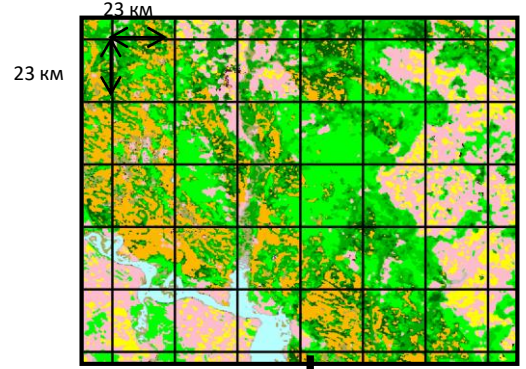
Статистическая фильтрация

Матрица 3x3

Изображение



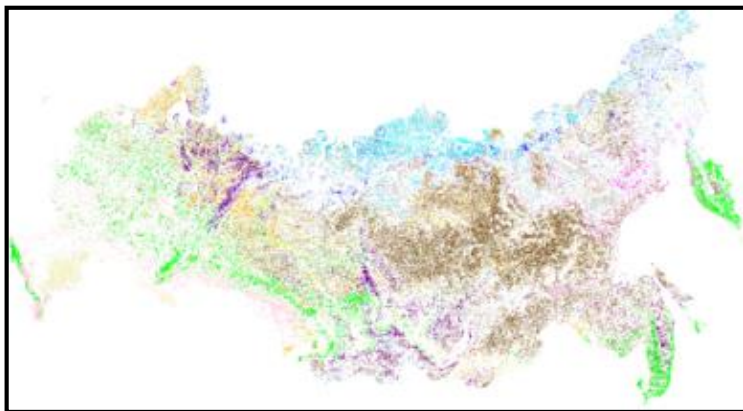
Выборка



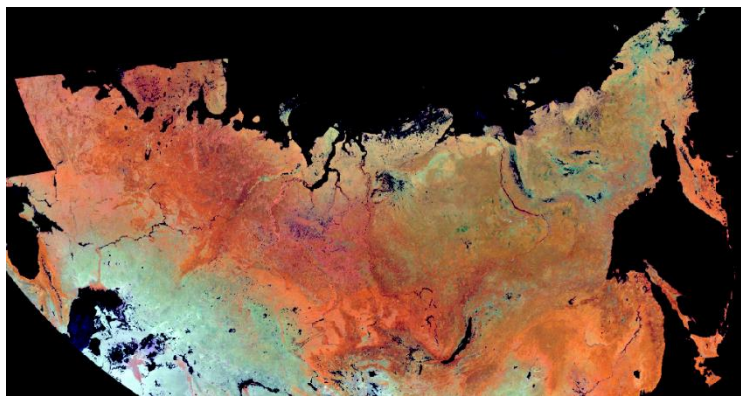
Спутниковые данные по VIIRS вместо данных MODIS

Метод картографирования

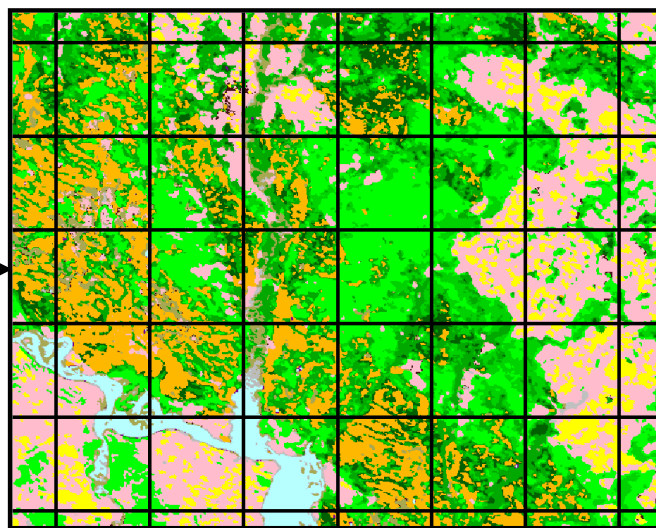
Выборка



Композиты VIIRS



Классификация LAGMA



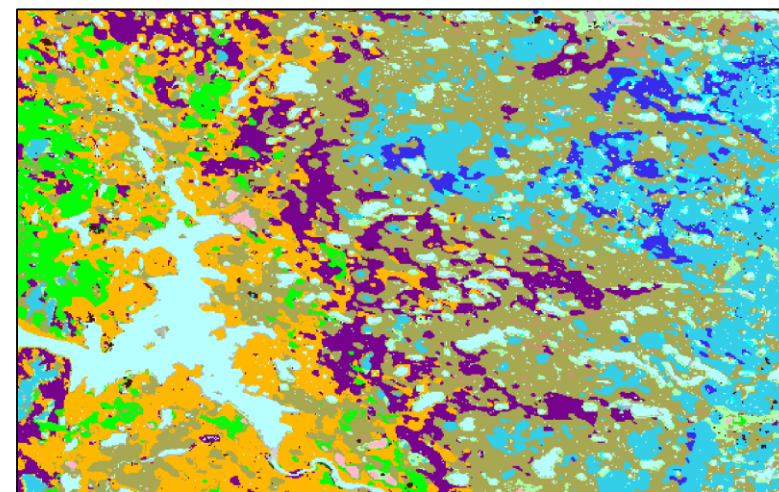
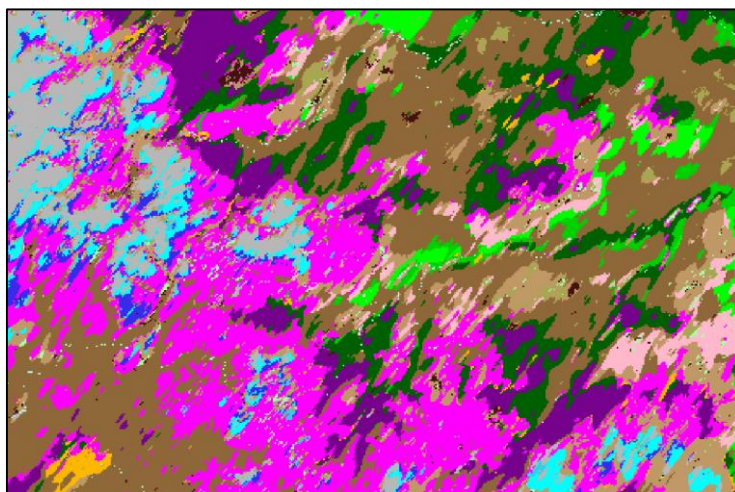
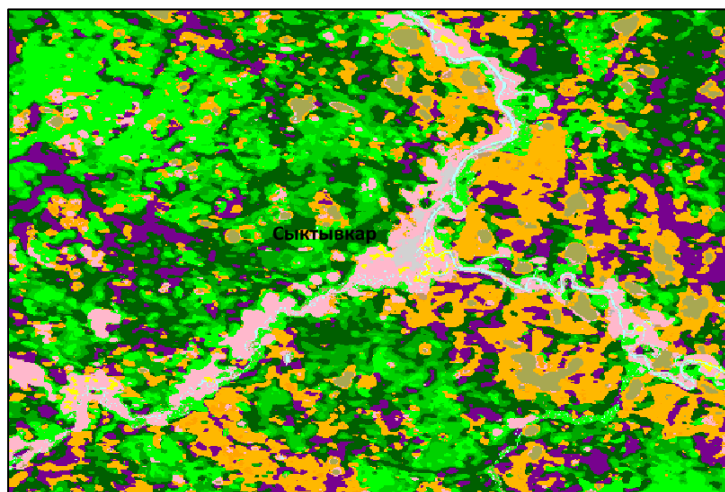
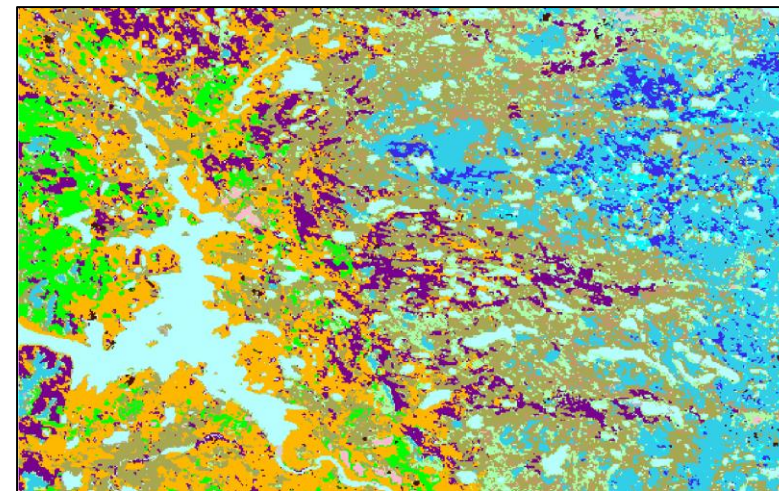
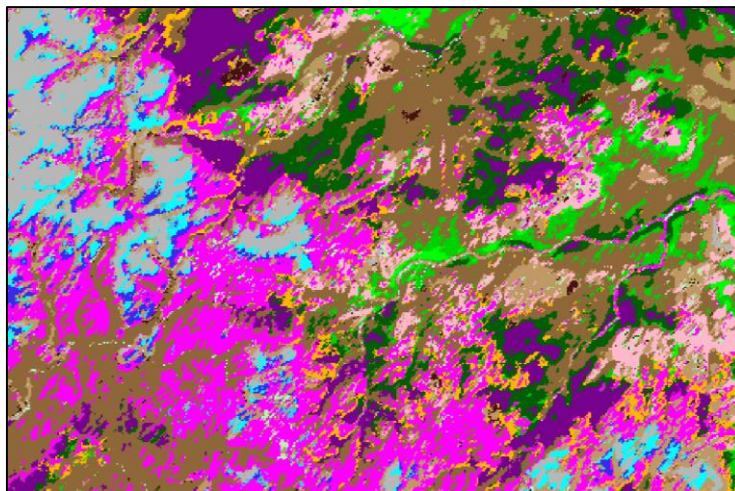
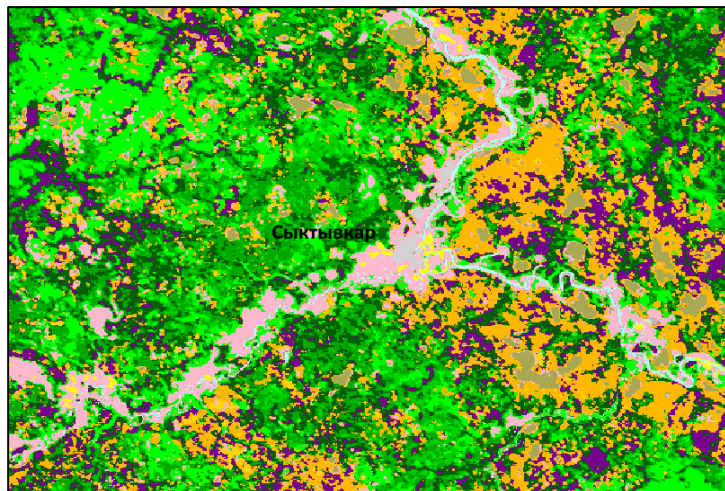
Карты наземных экосистем



Тематическое содержание результата классификации включает **23** основных классов наземных экосистем, включая **9** лесных.

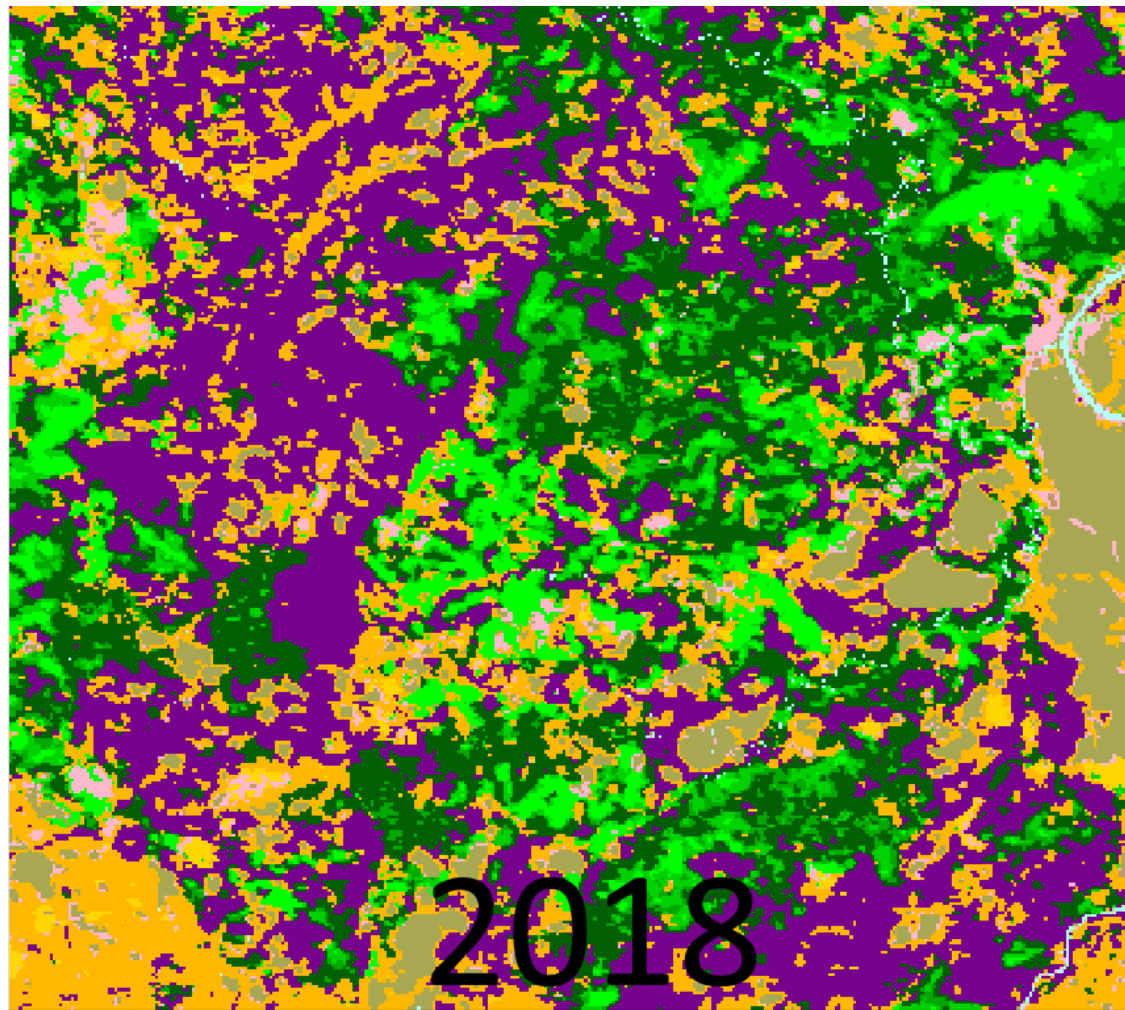
ТИПЫ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ:			
ЛЕСА:	ТРАВЯНО-КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ:	ТУНДРА:	НЕ ПОКРЫТЫЕ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ЗЕМЛИ:
■ Темнохвойные вечнозеленые	■ Луга	■ Кустарничковая	■ Открытые почвы и выходы горных пород
■ Светлохвойные вечнозеленые	■ Степи	■ Осоковая	■ Водные объекты
■ Листоенные	■ Хвойные вечнозеленые кустарники	■ Кустарниковая	■ Урбанизированные территории
■ Смешанные с преобладанием хвойных	■ Листоенные кустарники	ПРОЧАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ:	■ Вечные снега и льды
■ Смешанные	ВОДНО-БОЛОТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ:	■ Гари	
■ Смешанные с преобладанием листоенных	■ Болота	■ Пахотные земли	
■ Хвойные листопадные (листоенничные)	■ Прибрежная растительность		
■ Редины хвойные листопадные			

Сравнение карт наземных экосистем по MODIS и VIIRS

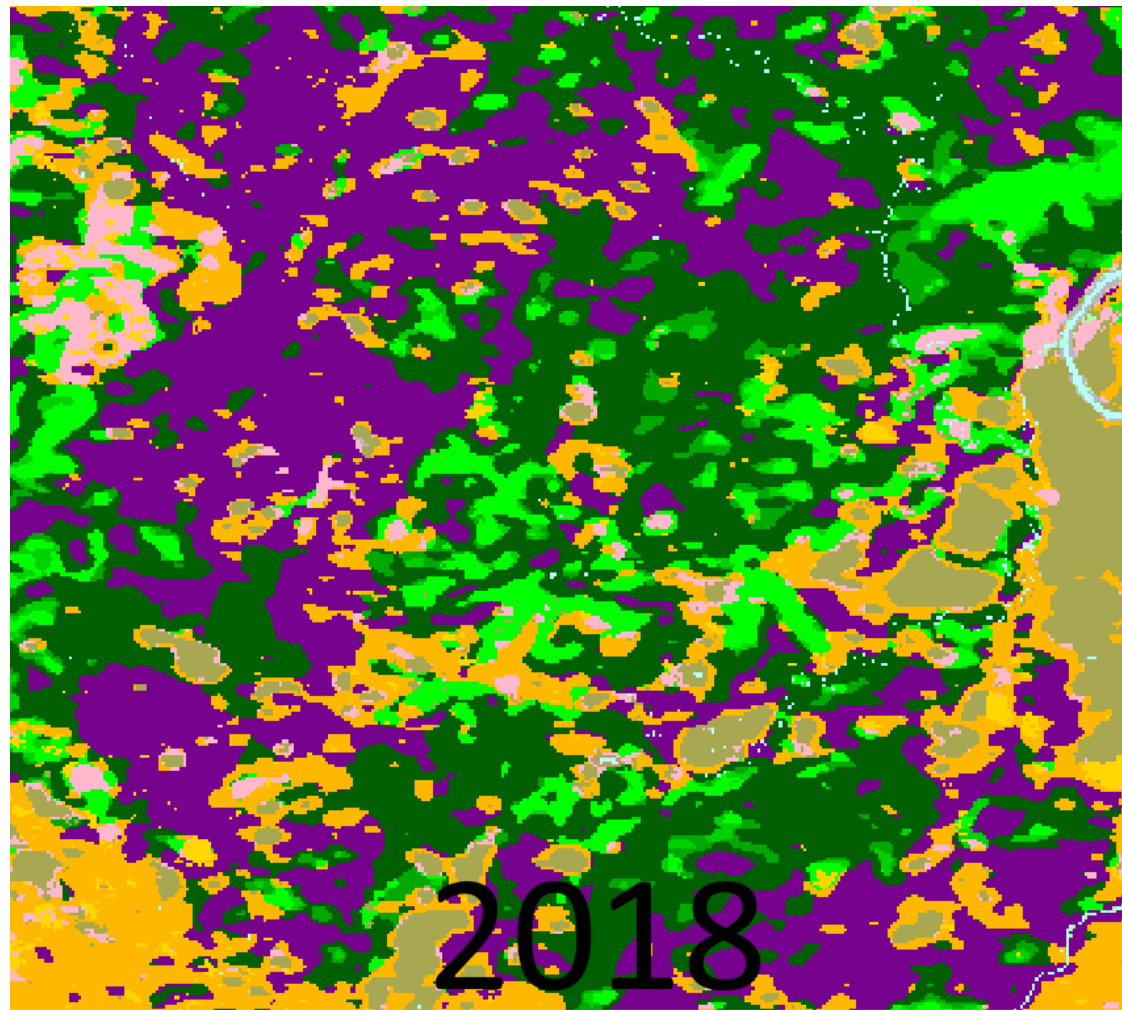


Фрагменты карт наземных экосистем, полученные по данным а) MODIS и б) VIIRS

Сравнение карт наземных экосистем по MODIS и VIIRS



MODIS



VIIRS

Сравнение карт наземных экосистем по MODIS и VIIRS за 2021 год

Матрица перепутывания основных классов растительного покрова по данным VIIRS и MODIS,%

MODIS,% VIIRS,%	Темнохвойный лес	Светлохвойный лес	Лиственный Лес	Лиственничный лес	Кустарники	Болота	Луга	Смешанный Лес	Открытые грунты	Тундра	Редины
Темнохвойный лес	81	8	0	2	0	1	0	7	0	0	0
Светлохвойный лес	7	74	4	3	0	4	1	6	0	0	1
Лиственный Лес	2	5	83	5	2	1	8	1	0	0	2
Лиственничный лес	3	5	4	80	8	1	1	1	0	0	11
Кустарники	0	0	0	0	74	1	0	0	0	1	2
Болота	0	1	0	0	2	85	1	0	1	1	2
Луга	0	1	3	0	0	2	86	0	2	0	1
Смешанный Лес	5	5	4	2	0	0	0	85	0	0	0
Открытые грунты	0	0	0	0	1	1	1	0	87	7	1
Тундра	0	0	0	0	3	1	0	0	2	89	1
Редины	1	1	1	6	9	4	2	0	7	2	79

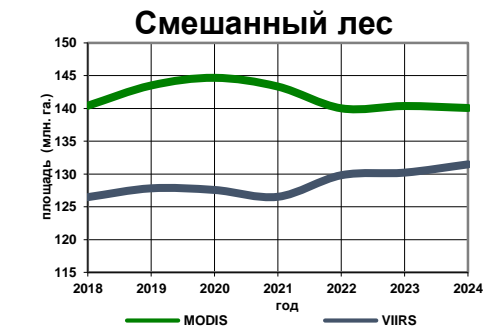
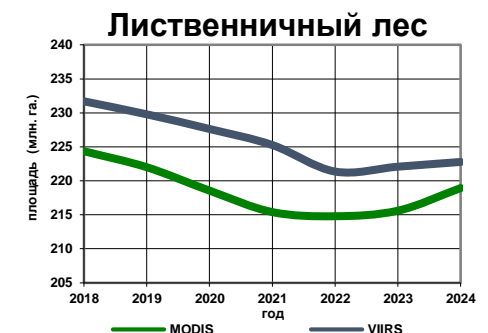
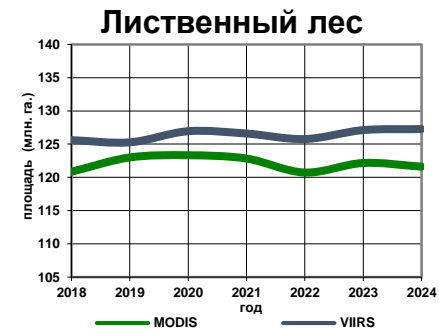
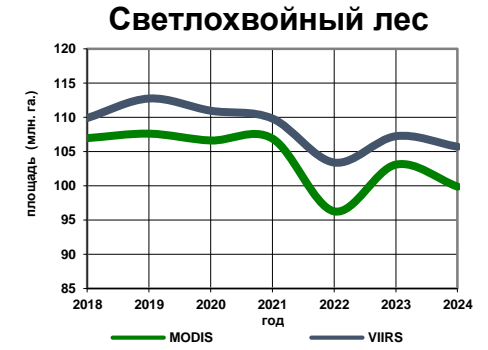
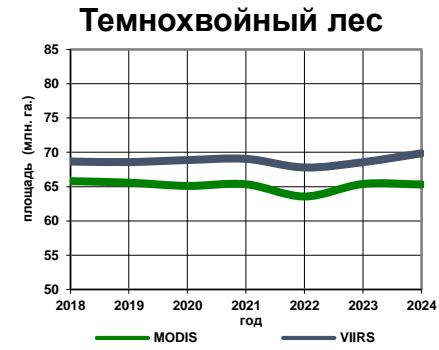
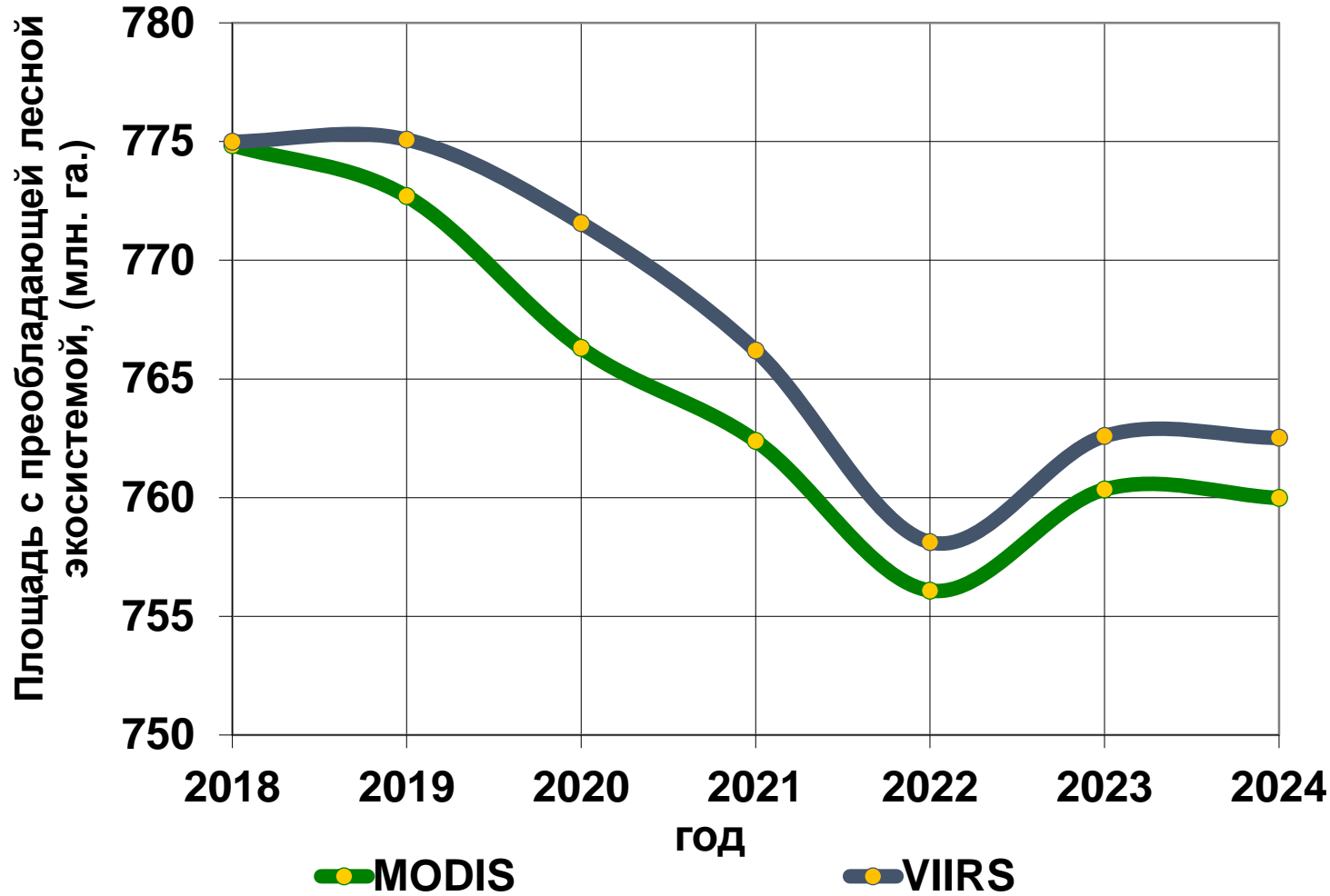
По отдельным классам растительности расхождение лежит в диапазоне от **10 до 20%**.

Сравнение карт наземных экосистем по MODIS и VIIRS за 2021 год

MODIS VIIRS	Площадь нелесных экосистем, млн.га	Площадь лесных экосистем, млн.га
Площадь нелесных экосистем, млн.га	893	48(6%)
Площадь лесных экосистем, млн.га	53(6%)	718

Оценка покрытой лесом площади, полученная по данным MODIS и VIIRS составила **766** и **771** млн га соответственно, расхождение составило **1.5%**. Сумма ошибок первого и второго рода для обобщенного класса покрытой лесом площади составила около **12%**.

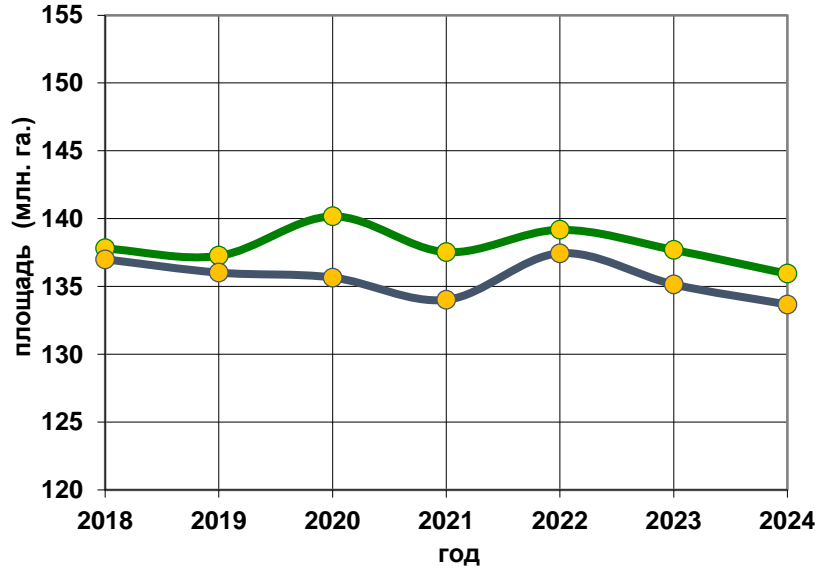
Сравнение карт наземных экосистем по MODIS и VIIRS



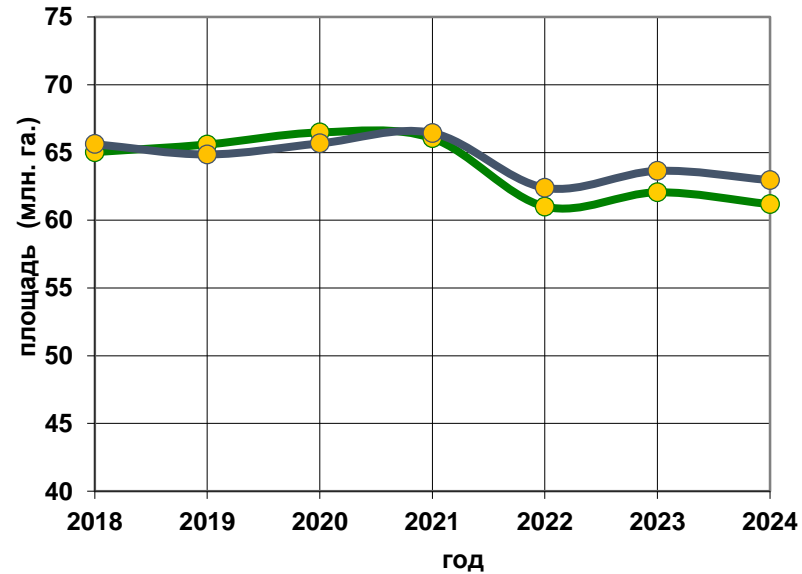
Покрытая лесом площадь по данным VIIRS и MODIS в период с 2018 по 2024 года

Сравнение карт наземных экосистем по MODIS и VIIRS

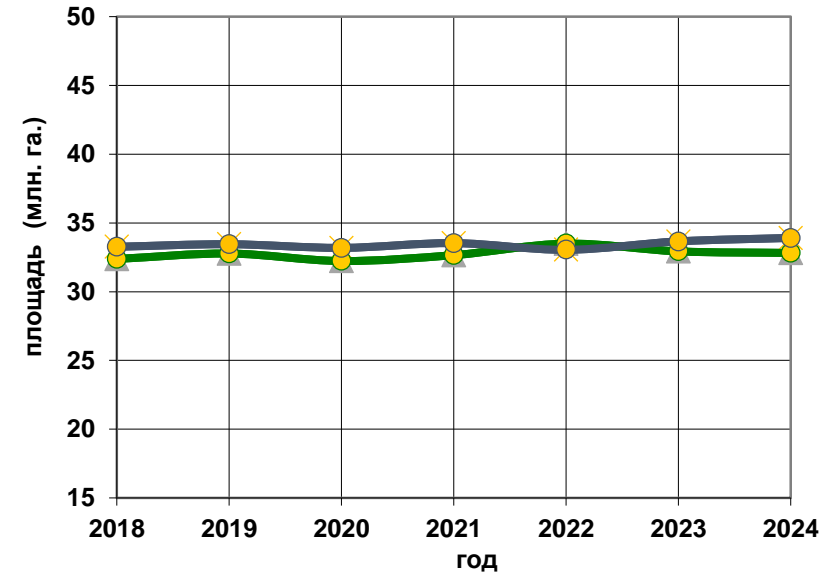
Луга



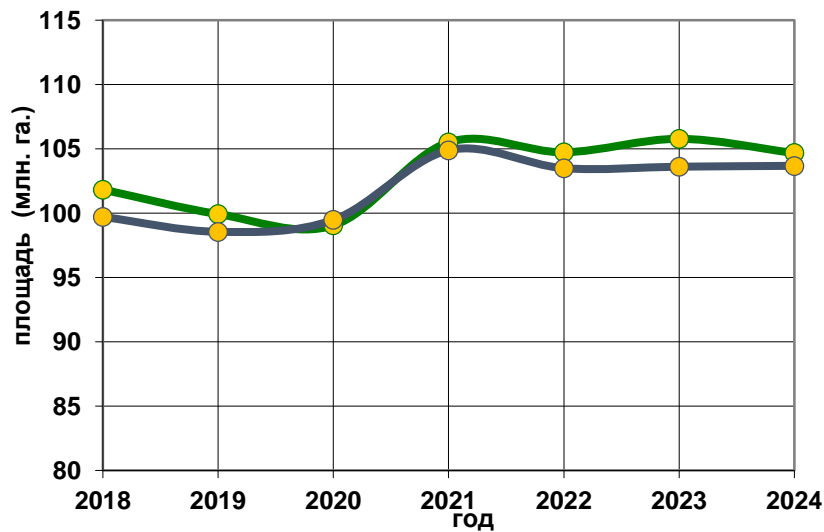
Открытый грунт



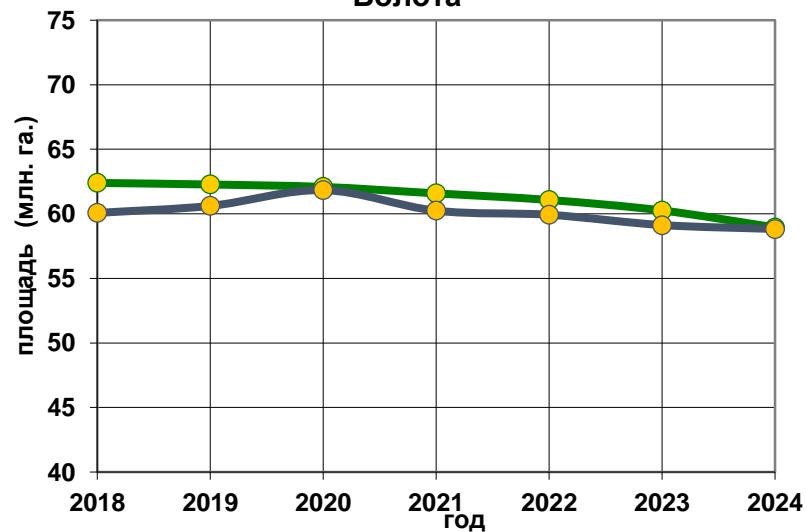
Степи



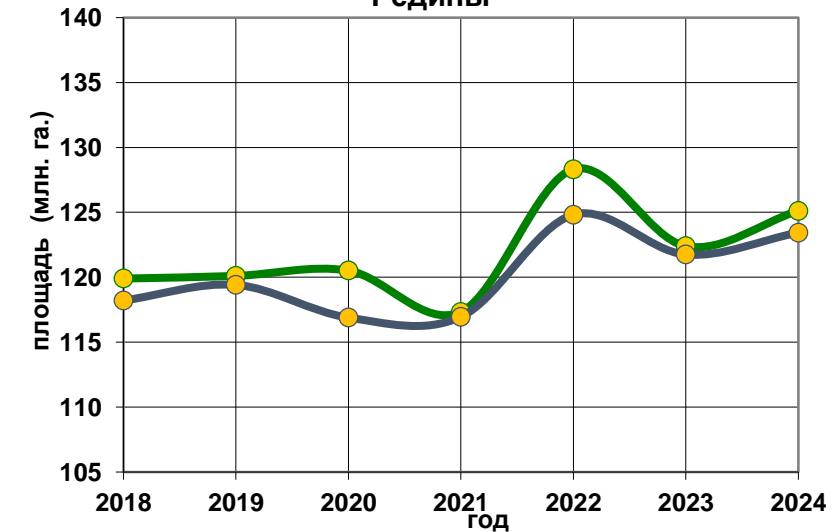
Тундра



Болота



Редины



Выводы

Проведено картографирование покрытых лесом территорий на основе данных VIIRS.

Сравнение карт наземных экосистем по данным VIIRS и MODIS показывает сходство результатов классификации на уровне страны. По основным лесным классам ошибка составляет около 20%, на уровне лес не лес 6%.

Дальнейшие исследования будут направлены на поиск подходов по построению гармонизированного ряда карт растительного покрова, основанного на данных различных спутниковых приборов для долгосрочного мониторинга растительных экосистем России.

Работа выполнена в рамках работ по теме «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8). Использовалась инфраструктура хранения и обработки спутниковых данных Центра коллективного пользования "ИКИ-Мониторинг" (Лупян и др., 2019).

Список литературы

1. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. – М.: ИКИ РАН, 2016. – 208 с.
2. Барталев С.А., Егоров В.А., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А. Распознавание пахотных земель на основе многолетних спутниковых данных спектрорадиометра MODIS и локально-адаптивной классификации // Компьютерная оптика. – 2011. –Т. 35, № 1. – С. 103–116.
3. Егоров В.А., Барталев С.А., Колбудаев П.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А. Карта растительного покрова России, полученная по данным спутниковой системы Proba-V // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. –2018. – Т. 15, № 2. – С. 282–286.
4. Bartalev S., Egorov V., Loupian E., Khvostikov S. A new locally-adaptive classification method LAGMA for large-scale land cover mapping using remote-sensing data // Remote Sensing Letters. – 2014. – Vol. 5. No. 1. P. 55 – 64.
5. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашницкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Радченко М.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
6. Миклашевич Т.С., Барталев С.А., Егоров В.А. Развитие предварительной обработки данных спутниковых наблюдений приборов VIIRS и MODIS для задачи мониторинга растительного покрова // Материалы 19-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Москва: ИКИ РАН, 2021. С. 366. DOI 10.21046/19DZZconf-2021a