



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
Российской академии наук



основан в 1918 году



ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Теоретические и практические основы дистанционного зондирования Земли как базовая дисциплина бакалаврской программы факультета географии и геоинформационных технологий НИУ ВШЭ

Тельнова Н.О. , Бушуева И.С., Медведев А.А.

*Факультет географии и геоинформационных технологий
НИУ ВШЭ, Базовая кафедра Института географии РАН*

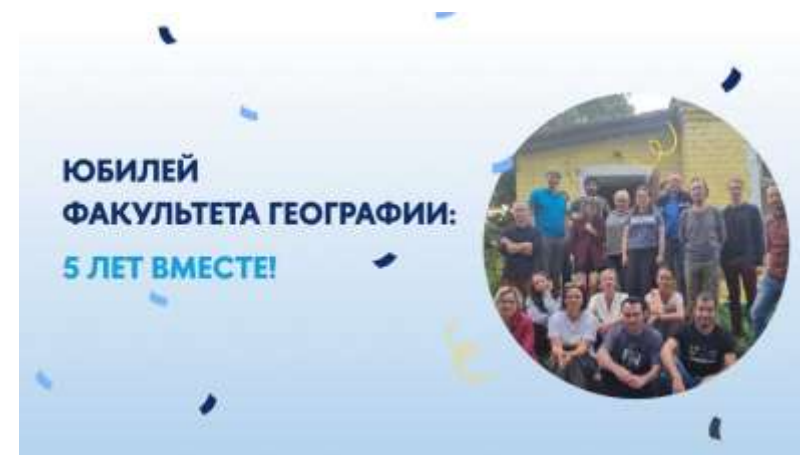
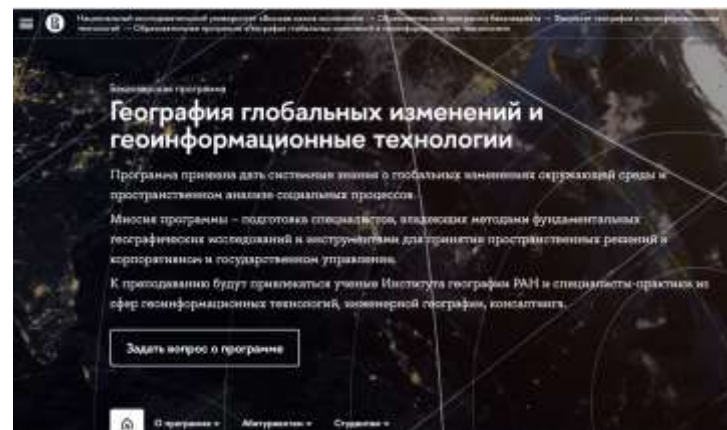
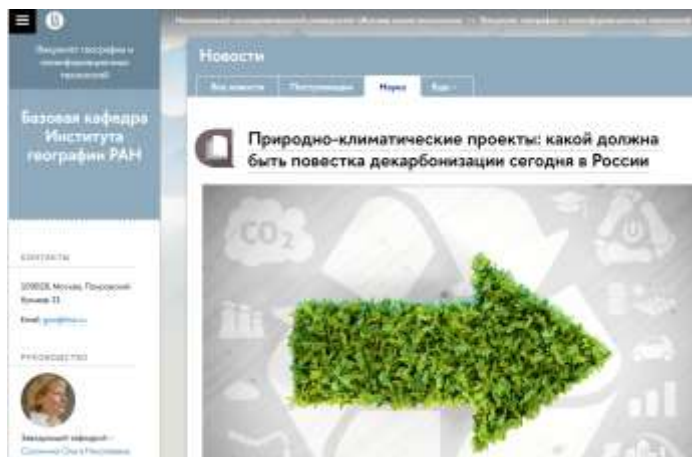
**Двадцать вторая международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»
Москва, ИКИ РАН, 14 ноября 2024 г.**

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Бакалаврская программа «География глобальных изменений и геоинформационные технологии» (направление подготовки 05.00.03 География):

- разработана в 2019 г. на базе Института географии РАН под научным руководством чл.-корр. РАН О.Н. Соломиной
- Базовая подготовка по фундаментальным географическим дисциплинам и обучение современным методам географических исследований
- Практикоориентированность: формирование у бакалавров навыков научно-исследовательской работы с первых этапов обучения благодаря привлечению студентов к актуальным географическим исследованиям и прикладным проектам
- Три специализации (с 3 курса): «Геоинформационные технологии и пространственное моделирование», «География изменений природной среды и климата», «Общественная география и пространственные решения»



БАЗОВЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ БЛОКА «ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



- Цифровая картография и геоинформационные системы
- Основы дистанционного зондирования Земли

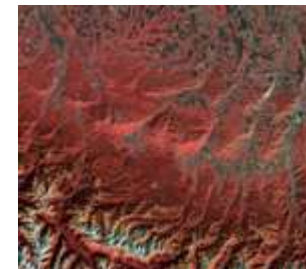
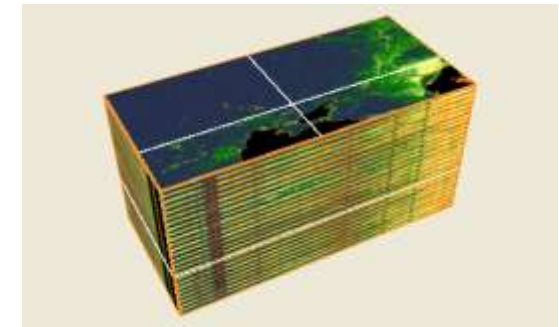
Дисциплины поставлены и реализуются с 2020 г. ; идут в течение всего 1 года обучения бакалавров-географов (объем 96 ак. час., равную долю лекционных и семинарских часов).

Ежегодно на дисциплинах обучается 45-50 студентов

ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ГЕОГРАФОВ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



- **Формирование знаний** о современных технологиях дистанционного зондирования и о сферах их применения для тематических географических исследований на разных масштабных уровнях
- **Приобретение практических навыков** сбора, автоматизированной обработки и тематической интерпретации данных дистанционного зондирования различного типа для географических исследований



ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ: ЧТО СТУДЕНТ ПОЛУЧАЕТ ОТ КУРСА



1. Объясняет особенности регистрации излучения от поверхности Земли в разных спектральных диапазонах и при разных способах дистанционного зондирования
2. Определяет тип цифрового снимка по источнику получения, спектральному, пространственному разрешению; использует разные способы визуализации изображений
3. Проводит геометрическую привязку, геометрическую коррекцию и ортотрансформирование снимков
4. Принимает решение о необходимости радиометрической калибровки и атмосферной коррекции снимков в оптическом диапазоне и непосредственно производит такую коррекцию, создает и тематически интерпретирует индексные изображения; проводит предварительную обработку радиолокационных снимков
5. Обоснованно выбирает параметры съемки и обработки сверхвысокодетальных оптических данных с БПЛА в зависимости от места проведения и тематики географических исследований
6. Подбирает данные, необходимые для решения конкретной тематической научной или прикладной задачи географического исследования из современного фонда аэрокосмических снимков и производных продуктов их обработки, используя все имеющиеся возможности доступа к таким данным
7. Распознает и выделяет географические объекты на аэрокосмических снимках различного пространственного разрешения и типа
8. Разрабатывает схемы визуального и автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков различного пространственного разрешения и типа

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ НА КУРСЕ «ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ»



Содержательные и структурные :

- «Этажерка»: наземная съемка – аэросъемка и БПЛА – космическая съемка
- «Чтение» географических особенностей территории по изображениям разной детальности и разного типа
- Практикоориентированность

Учебно-методические:

- Максимальная индивидуализация вариантов всех элементов контроля (от домашних заданий и работ компьютерного практикума до индивидуальных проектов)
- Разнообразие элементов контроля и согласованность формул оценивания
- Реализация и архивация в системе электронного сопровождения образовательного процесса Smart LMS (Moodle)

СТРУКТУРА КУРСА



1 модуль

(лекции, практические работы и экзамен)

1. Базовые понятия и сферы применения дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). История аэро- и космических съемок.
2. Основные технологии получения данных ДЗЗ.
3. Физические основы ДЗЗ.
4. Аэрокосмические снимки как пространственные данные

Экзамен и промежуточная аттестация 1 модуля

(разделы 1-4)

2 модуль

(лекции, практические работы)

5. Компьютерная обработка аэрокосмических снимков в оптическом диапазоне для улучшения их изобразительных и дешифровочных свойств
6. Геометрические свойства снимков и геометрическая коррекция

3 модуль

(лекции, практические работы, проект и коллоквиум, экзамен)

7. Особенности предварительной обработки и тематической интерпретации радиолокационных снимков
8. Современный фонд данных ДЗЗ
9. Основы фотограмметрии
10. Основы дистанционного зондирования с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

Экзамен и промежуточная аттестация 3 модуля

(разделы 1-10)

4 модуль (лекции, проектные работы)

11. Основы тематической интерпретации данных дистанционного зондирования в географических исследованиях
12. Технология и методика дешифрирования

Итоговая аттестация – представление портфолио проектных работ выпускников курса

(разделы 11-12)

ПРОЕКТНАЯ РАБОТА (РАЗДЕЛЫ 10-12)



3 модуль - работа с электронными фондами изображений

Анализ обеспеченности территории аэрокосмическими снимками выбранной территории на заданный временной интервал (на примере различных тематических и региональных кейсов)

ПРОЕКТ



КОЛЛОКВИУМ

Подбор и предварительная обработка доступных аэрокосмических снимков, производных изображений

Представление и обсуждение результатов проектных работ

4 модуль – проектные работы по тематической интерпретации изображений

1. Составление каталога дешифровочных эталонов (Scanex Image Processor, QGIS, ArcGIS)

2. Разработка схемы визуального дешифрирования структуры использования земель (QGIS, ArcGIS)

3. Классификация изображений (Multispec, SAGA GIS, ESA SNAP Scanex Image Processor, QGIS, ArcGIS)

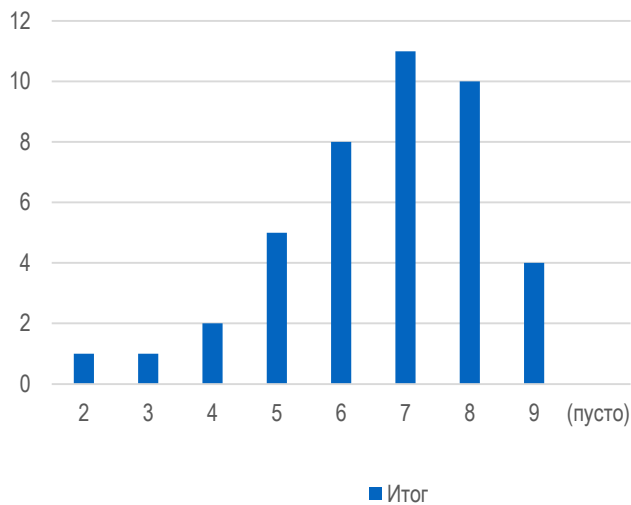
4. Мультивременной анализ изображений (Multispec, Scanex ImageProcessor, QGIS, ArcGIS)

Представление портфолио проектных работ выпускников курса

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ФОРМУЛА ОЦЕНИВАНИЯ



1 модуль (промежуточная аттестация и экзамен)



Онакопл. = (1) История дистанционного зондирования : Домашнее задание * 0.1 + (2) Орбитальные характеристики спутников и планирование съемок: Практическая работа * 0.2 + + (4) Свойства и способы визуализации мультиспектральных изображений: Практическая работа * 0.2 + + (3) Спектральные образы географических объектов и диапазоны съемок: Практическая работа * 0.2+ **Экзамен 1 модуля: Тест * 0.3**

2 -3 модули (промежуточная аттестация и экзамен 3 модуля)

Онакопл = (5) Спектральные преобразования: Практическая работа * 0.1 + (6) Геометрическая коррекция изображений: Практическая работа * 0.1 + (7) Основы обработки и интерпретации радиолокационных изображений: Практическая работа * 0.15 + (8) Фонды аэрокосмических снимков для географического мониторинга: Проект + Коллоквиум "Современные фонды аэрокосмических снимков": Коллоквиум * 0.05 + (9) Фотограмметрическая обработка изображений: Практическая работа * 0.1 + **Экзамен 3 модуля: Тест * 0.3**

4 модуль (портфолио проектных работ и итоговая оценка за курс)

Онакопл = (10) Формирование полетного задания для БПЛА: Практическая работа * 0.1 + 11) Эталонирование снимков: Проект * 0.2 + (12) Разработка схемы визуального дешифрирования: Проект * 0.25 + (13) Автоматизированное дешифрирование и классификация изображений методами машинного обучения: Проект * 0.25 + (14) Анализ и автоматизированное выявление изменений: Проект * 0.2 :
Итоговая оценка за курс ОДЗЗ

Формула оценивания: 2024/2025 учебный год 1 модуль * 0.2 + 2024/2025 учебный год 3 модуль * 0.5 + 2024/2025 учебный год 4 модуль * 0.3

УЧЕБНЫЕ ДАННЫЕ И МАТЕРИАЛЫ СЪЕМОК



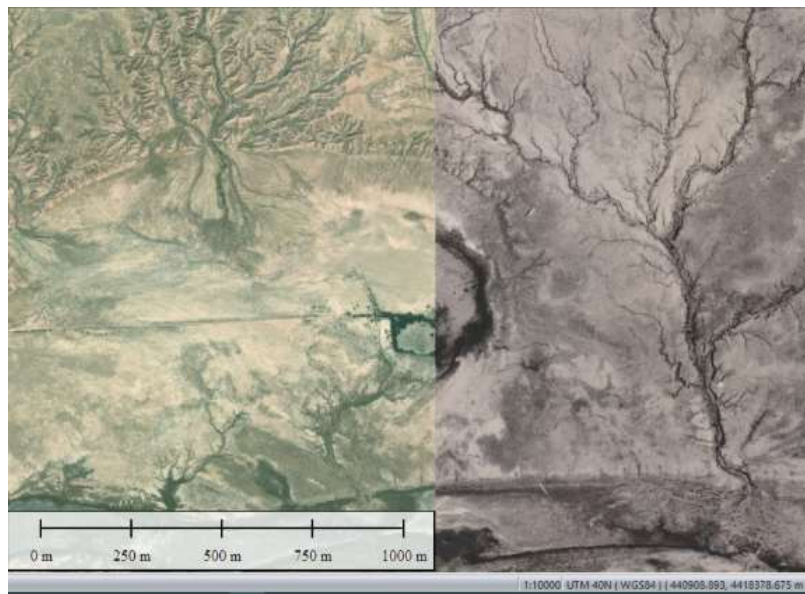
Открытые данные порталов NASA Earthdata, Alaska Satellite Facility, USGS Earth Explorer, Copernicus, CNES, Геопортала Роскосмоса



УЧЕБНЫЕ ДАННЫЕ И МАТЕРИАЛЫ СЪЕМОК

Фонды Отдела картографии и ДЗЗ ИГРАН :

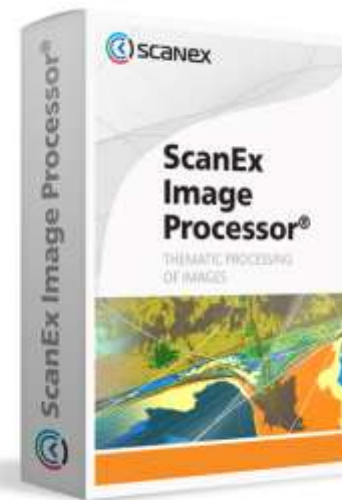
- Канопус В и Ресурс П – разные уровни обработки (НЦ ОМЗ)
- Коммерческие высокодетальные снимки
- материалы оптических, мультиспектральных, тепловизионных съемок с БПЛА
- Материалы аэрофотосъемок и аэрокиносъемок (1934-1991)



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ И ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ПО



A Freeware Multispectral Image Data Analysis System



КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПО



1 модуль (4 работы)

Раздел 1. История технологий и методов ДЗЗ (*GoogleNgRamViewer, Google Trends, Яндекс Вордстат*)

Раздел 2. Геометрия космического полета. План съемок выбранной территории с ресурсных и метеорологических спутников Земли (*Google Earth Pro, SatCat, Orbitron*)

Раздел 3. Спектральные образы географических объектов (*NASA/USGS Spectral Libraries*)

Раздел 4. Визуализация цифровых снимков (*полнофункциональное специализированное открытое ПО Multispec/SAGA GIS*)

2 модуль (4 работы)

Раздел 5. Радиометрическая калибровка и атмосферная коррекция снимков в оптическом диапазоне. Расчет и интерпретация разновременных индексных изображений (*Scanex Image Processor*)

Раздел 6. Геометрическая коррекция и ортотрансформирование изображений. Пространственно-спектральные преобразования (*Scanex Image Processor*)

3 модуль (4 работы)

Раздел 7. Основы предварительной обработки и тематической интерпретации радиолокационных снимков в С- и L- диапазонах (*ESA SNAP*)

Разделы 9-10. Фотограмметрическая обработка изображений. Наземная фотограмметрическая съемка и трехмерные модели объектов. Формирование полетного задания для малого БПЛА мультироторного типа и подбор параметров съемки для зондирования различных объектов (*3D Scanner, DJI Go, DroneDeploy, Pix4D Capture, Agisoft Metashape*)

УЧЕБНИКИ



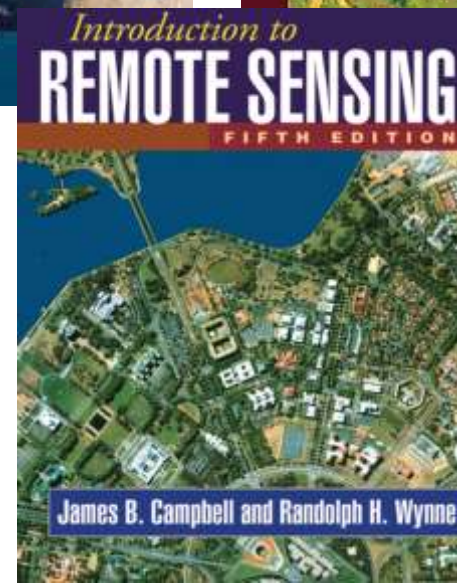
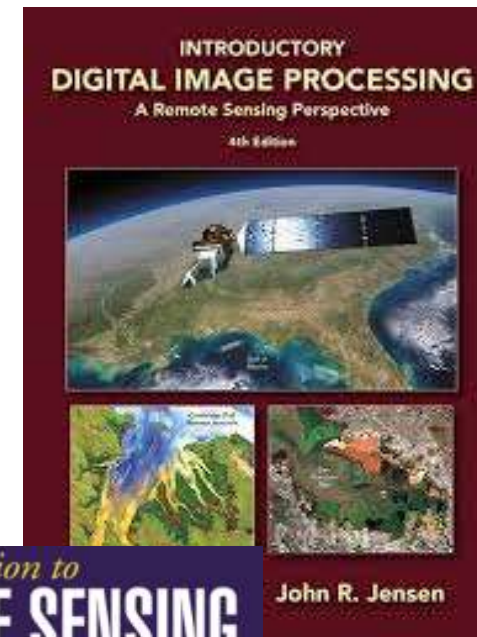
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
Географический факультет МГУ

Бадина Е. А., Табутова И. А.

ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ
СНИМКОВ

Учебник подготовлен редакцией факультета географии и геоинформатики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и кафедры географии и геоинформатики факультета географии и геоинформатики МГУ. Учебник подготовлен редакцией факультета географии и геоинформатики МГУ. Учебник подготовлен редакцией факультета географии и геоинформатики МГУ.

Москва 2021



ТЕХНОЛОГИИ СЪЕМОК И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ



ДЗЗ – 1 МОДУЛЬ

Визуализация мультиспектральных изображений в специализированном ПО

Кальдера-вулкана

Line 139 - Satim 200 Data File

Channel Number

Table 1.2: Characteristics of the multispectral image Resource P1

Название спутника и съемочной системы (режима съемки)	Ресурс P1
Производитель данных/спутник/ландсатирование	ESA «Прогресс» II
Дата съемки (д-м-год)	27.07.2018
Время съемки по Гринвичу	02:40:18
Высота Солнца, град.В	41.08
Азимут Солнца, град.В	140.07
Высота спутника, град.В	194.06
Азимут спутника, град.В	Не найдены
Уровень обработки, завершенный/производитель данных	2A0
Радиометрическое разрешение	16 бит
Спектральные диапазоны (название, номер, длина волны в мкм)	33 Синий (0.482-0.527 мкм) 23 Зеленый (0.541-0.595 мкм) 21 Красный (0.618-0.678 мкм) 22 Ближний инфракрасный (0.718-0.804 мкм)
Пространственное разрешение, м	0.7 м
Охват	140,39 км/2
Последовательность спектральных диапазонов в аналогичном изображении	1 Синий 2 Зеленый 3 Красный 4 Ближний инфракрасный

Line 139 - Satim 200 Data File

Channel Number



Рис.1 Отображение кальдеры в береговом (1), синем (2), зеленом (3), красном (4), ближнем ИК (5), коротковолновом ИК 1 (6), и коротковолновом ИК 2 (7) диапазонах съемочной системы Landsat 9 OLI2.

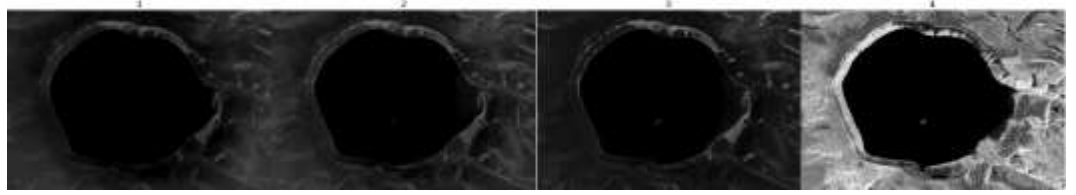


Рис.2 Отображение кальдеры в синем (1), зеленом (2), красном (3) и ближнем ИК (4) диапазонах съемочной системы Ресурс П

Анализ спектральных образов



Рис. 1-3. Слева направо: кедр атласский, тсуга канадская, пихта одноцветная.

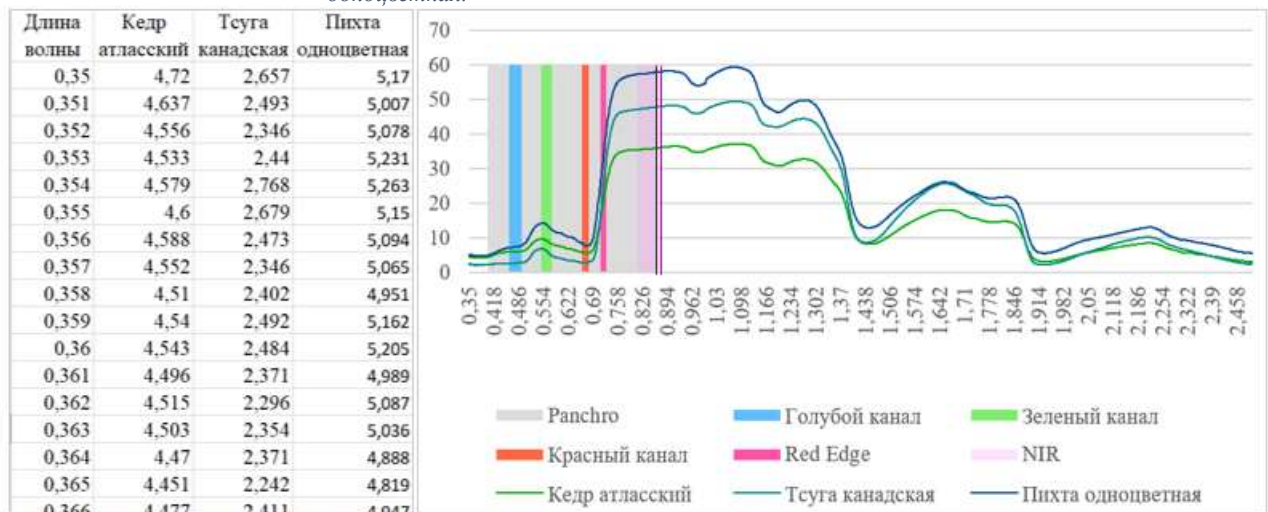


Рис. -5. -Фрагмент итоговой таблицы. Рис. -6. -Отражательная способность кедра, тсуги и пихты в диапазоне 0,35-2,5 мкм и границы спектральных диапазонов съемочной системы. Вертикальная черная линия (слева) показывает границу панхроматического канала, фиолетовая линия (справа) — границу NIR.

Работы Василисы Дубининой (отображение кальдеры на снимках Landsat 9 и Ресурс П 1) и Софии Палетиной (спектральные образы древесных пород), 2023

КОРРЕКЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ – 2 МОДУЛЬ



Геометрическая коррекция и корегистрация снимков

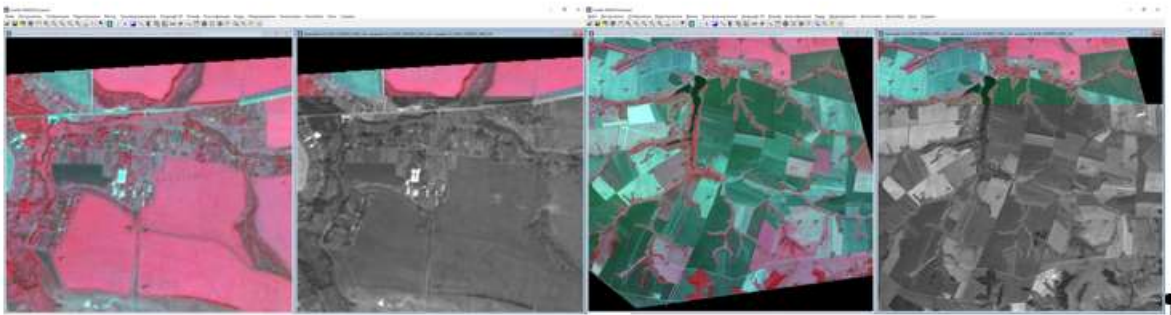


Рис. 7-8. Снимки до коррекции

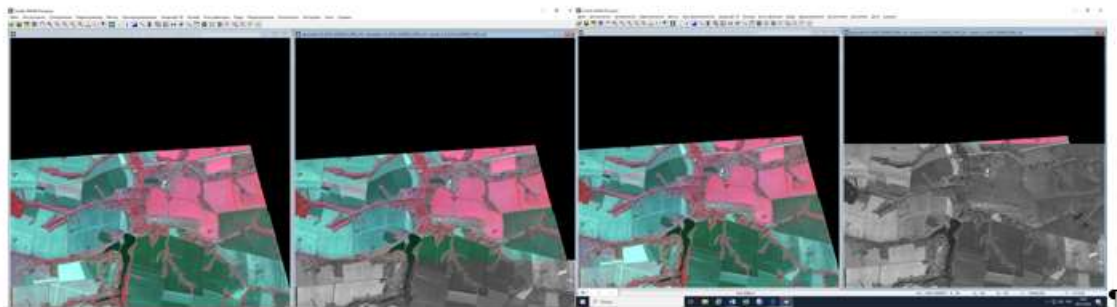
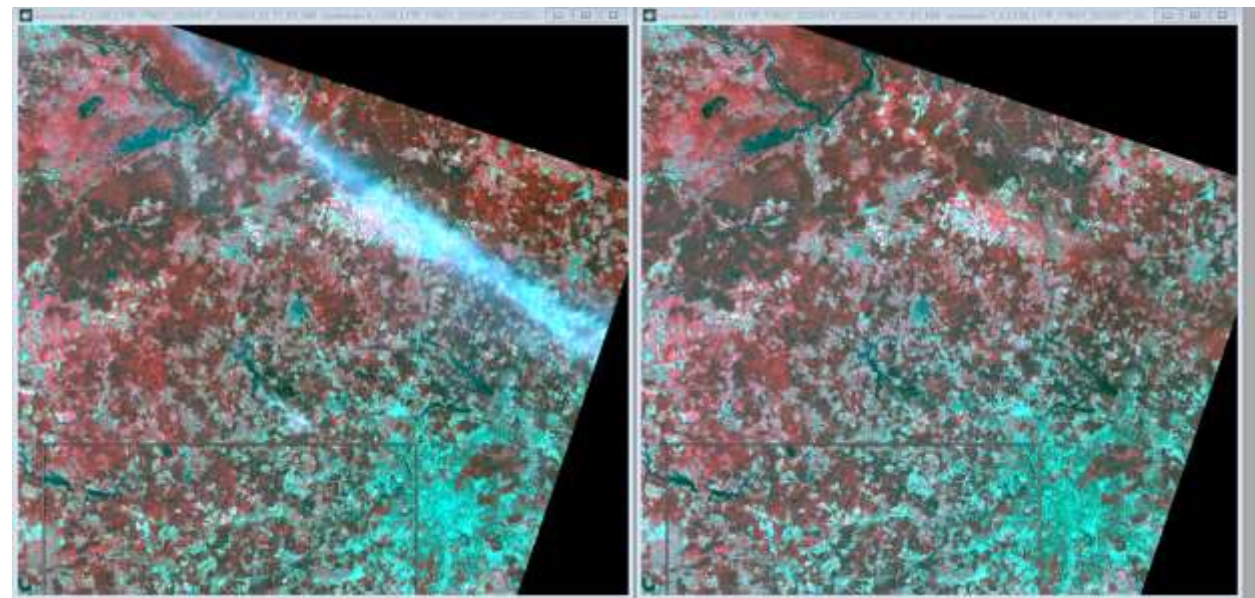


Рис. 9-10. Снимки после коррекции

Относительная атмосферная коррекция



*Работы Захара Кузнецова (геометрическая коррекция по опорным точкам), 2023 и
Алёны Андреевой (удаление дымки), 2022*

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ – 2 МОДУЛЬ



Расчет спектральных индексов и интерпретация разновременных индексных изображений



Рис. 14-15. Наиболее сухая, центральная часть полигона в NDVI (слева) и RGB-синтезе (справа).

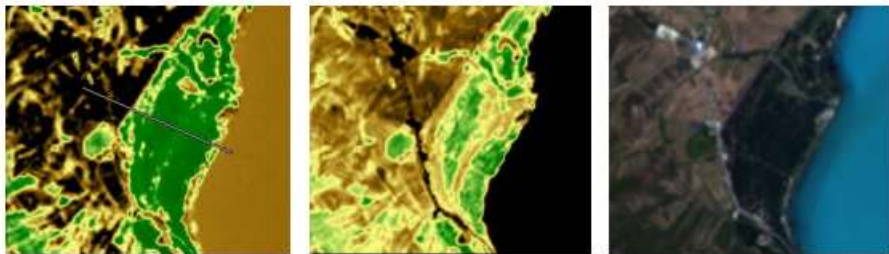
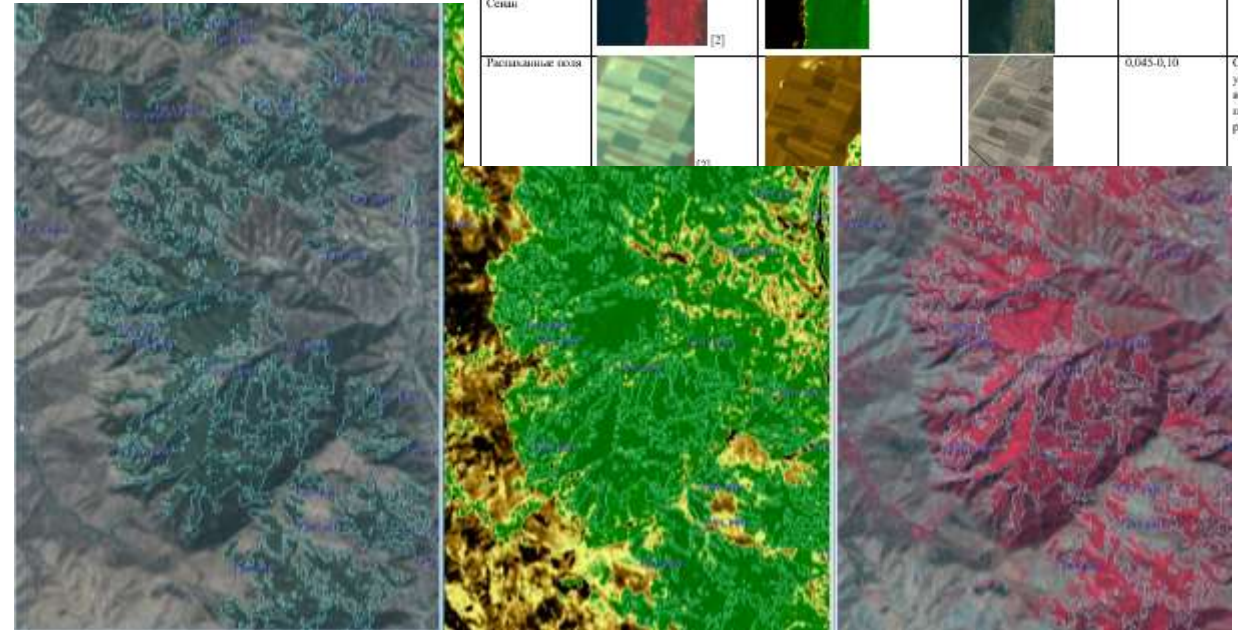

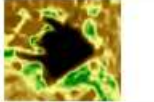









Рис. 31-33. Участки широколиственного и соснового леса в NDMI (слева), NDVI (посередине) и RGB-синтезе (справа).



Объекты/тип поверхности	Изображение объекта на снимке 14.09.2017 SWIR2-NIR-Green [1] или NIR-Red-Green [2]	Изображение NDVI	Изображение Google Earth	Диапазон значений NDVI, описывающий данный тип объекта (поверхности)	Соответствие значений NDVI
Озеро Байкал	 [1]			-0,055	Соответствует водным объектам
Лесозащиты (лиственные леса) у восточного побережья о. Сели	 [2]			0,35-0,44	Соответствует значениям NDVI для лиственных растительности
Распашанные поля				0,045-0,10	Соответствует участкам вспаханной почвы без растительности

Работы Романа Трофимова (распознавание объектов по значениям индексов NDVI и NDMI), 2023 и Олега Малюты (векторизация объектов по диапазону значений вегетационного индекса), 2022

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ – 3

МОДУЛЬ



Пакетная обработка и тематическая интерпретация разновременных радиолокационных снимков

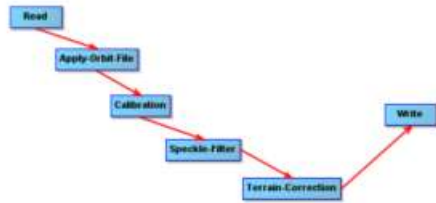


Рис. 4. Самостоятельно построенный граф преобработки снимков

Таблица 1. Нормирование разновременных РЛИ

Номер объекта	Тип объекта	Мультивременной композит	Фрагмент изображения в С-диапазоне от 8.05.2023	Фрагмент изображения в С-диапазоне от 19.07.2023	Фрагмент изображения в С-диапазоне от 5.09.2023	Оптическое высотодатальное изображение из Google Earth	Комментарий
i							На мультивременном композите данная группа полей окрашена яркими цветами, что связано с наибольшей яркостью этого объекта в июле. На фрагментах изображения в С-диапазоне от 8.05.2023 и 5.09.2023 поля выглядят так же, как и в июле.
ii							

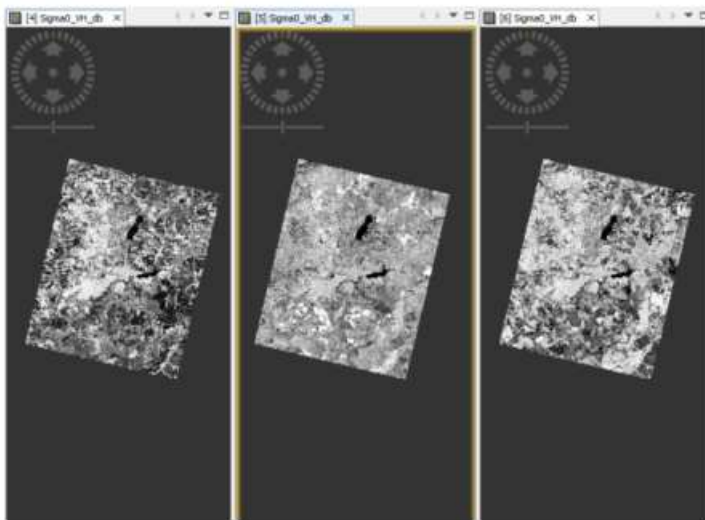


Рис. 8. РЛИ, полученные после пакетной обработки, пересчитанные в децибелы

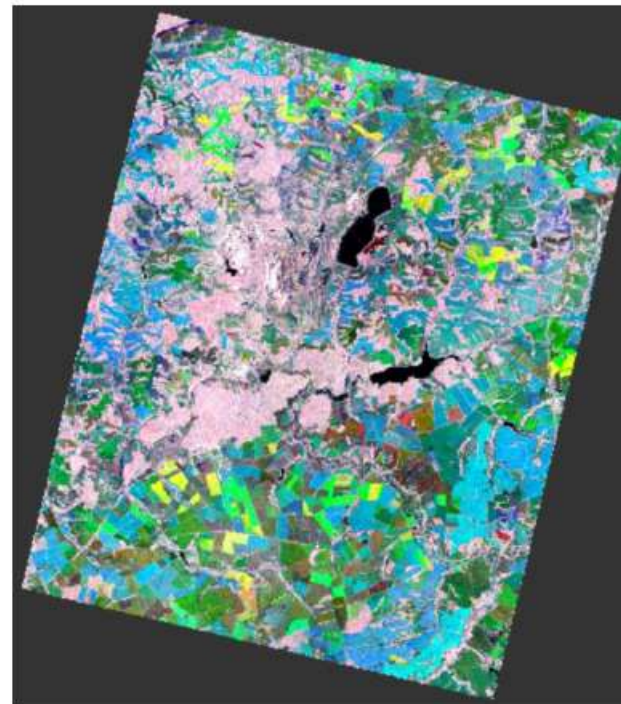


Рис. 9. Мультивременной композит, полученный после второй попытки

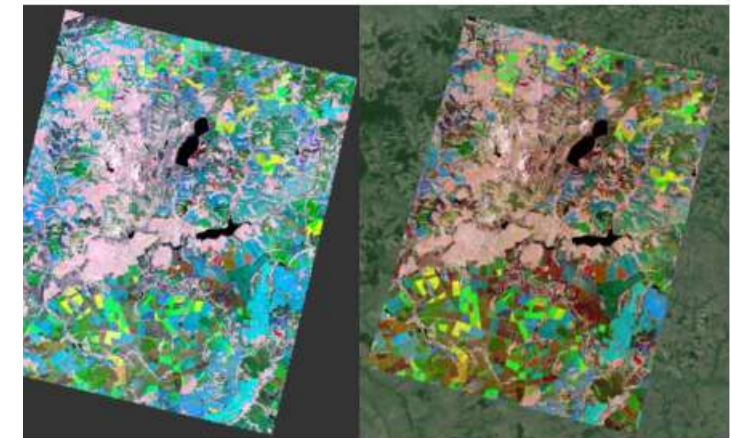
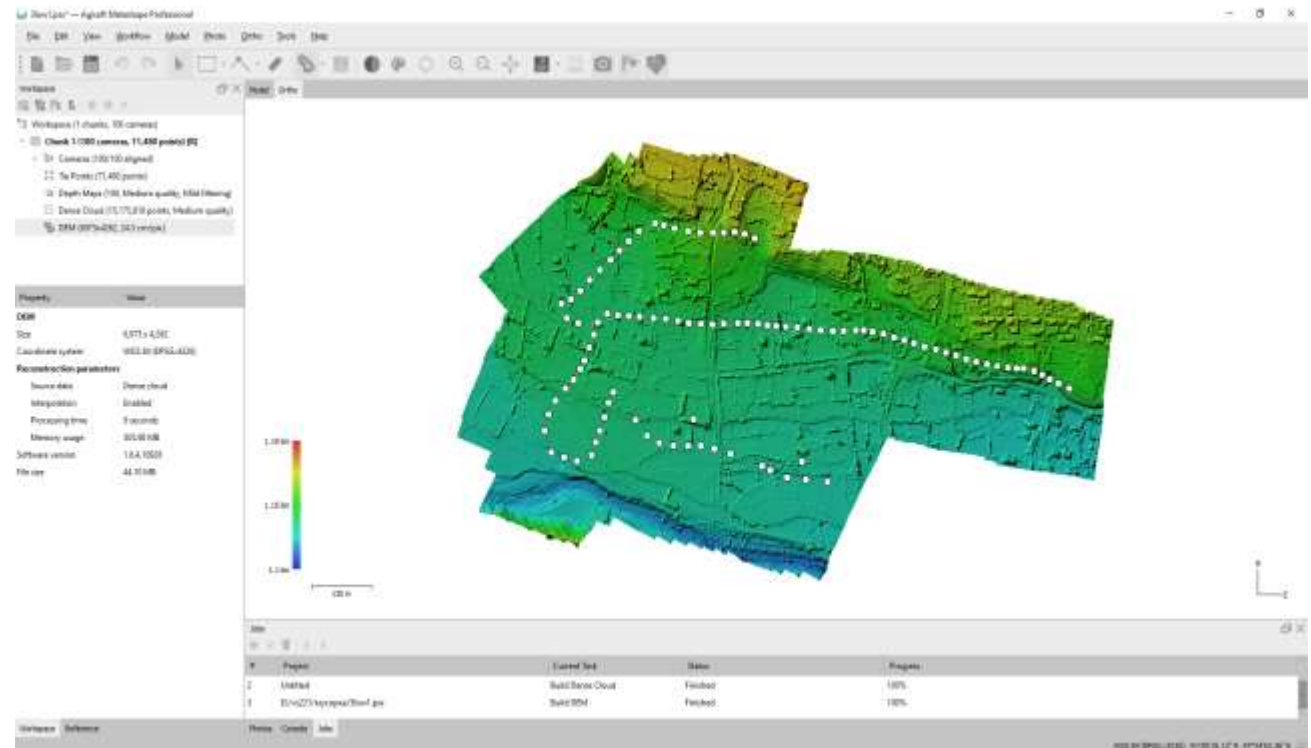


Рис. 11. Сравнение мультивременных композитов (слева – самостоятельно, построенный композит, справа – композит, использовавшийся на первом этапе работы)

ФОТОГРАММЕТРИЯ И СЪЕМКИ С БПЛА – 3 МОДУЛЬ



Наземная фотограмметрическая съемка, обработка данных наземной, воздушной и космической фотограмметрических съемок. Построение трехмерных моделей объектов и поверхностей



Работы Владислава Савкина, 2023/2024 уч. г.

ПРОЕКТНАЯ РАБОТА – 3 И 4 МОДУЛИ



Современный фонд данных и производных продуктов ДЗЗ и основы тематической интерпретации изображений в географических исследованиях (сквозные темы и области интереса)

Проектные работы реализуются в малых группах или как инициативные индивидуальные проекты. Области интереса определяются кураторами проектных работ

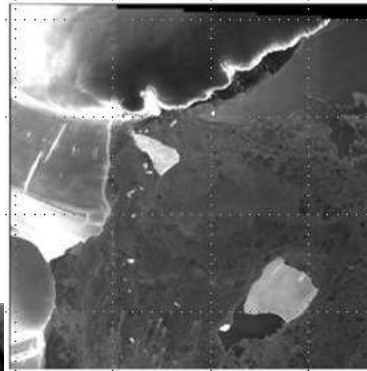
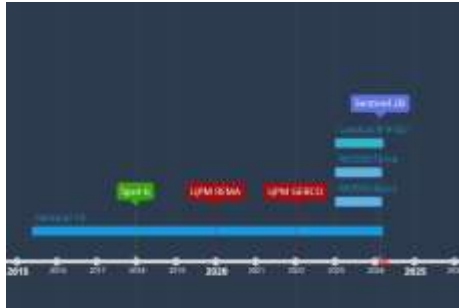
Примеры тем проектных работ, реализованных в 2021-2024 гг. :

- Динамика шельфового ледника Матусевича (арх. Северная Земля) 2010-2020-е гг.
- Развитие промышленной и транспортной инфраструктуры в районе пос. Сабетта, Восточный Ямал, 1980-2020-е гг.
- Динамика нарушенных земель в зоне воздействия горно-металлургического комбината «Печенганикель», Мурманская область (без ограничения временного периода)
- Динамика прибрежной зоны озера Севан, Армения (без ограничения временного периода)
- Снижение уровня воды в Токтогульском водохранилище (Кыргызстан): драйверы и последствия, 1980-2020-е гг.
- Оперативный мониторинг наводнений в Приморском крае (период и сезоны съемок определяются командой самостоятельно)
- Лесные и ландшафтные пожары в Центральной Якутии, 2010-2021
- Выявление заброшенных сельскохозяйственных земель и поселений в южной части Кировской области, 1990-2020-е гг.
- Динамика земель под застройкой в бассейне р. Сейм, Курская область, 2010-2020-е гг.
- Состояние водно-болотных угодий Южного Приаралья (без ограничения временного периода)
- Динамика обезлесения в штате Пара, Бразилия 1970-2020-е гг.

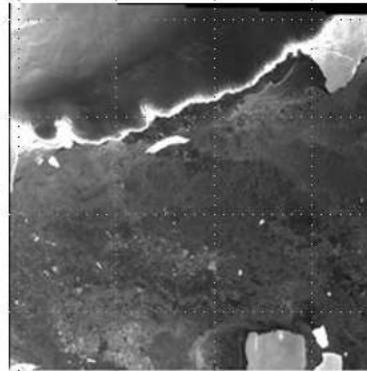
ПРОЕКТНАЯ РАБОТА – 3 МОДУЛЬ



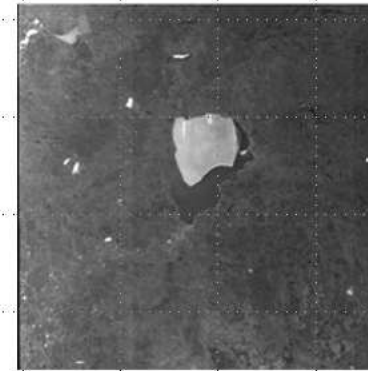
Подбор, обработка и предварительный анализ временных серий данных ДЗЗ для решения задач дистанционного мониторинга географических объектов и процессов



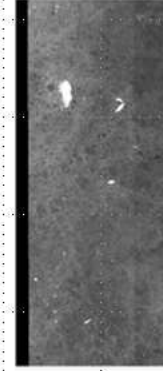
Sentinel 1A 22.12.2021



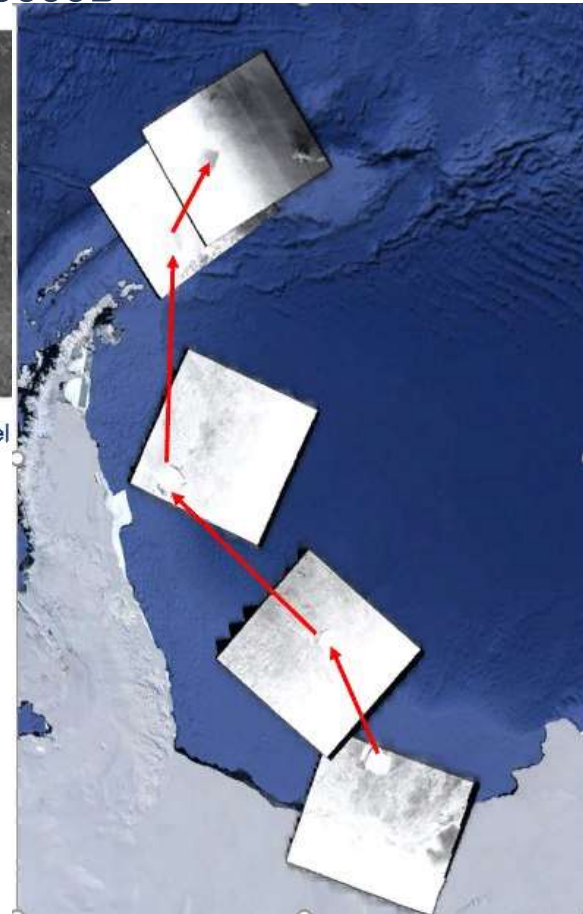
Sentinel 1A 07.06.2022



Sentinel 1A 03.12.2022



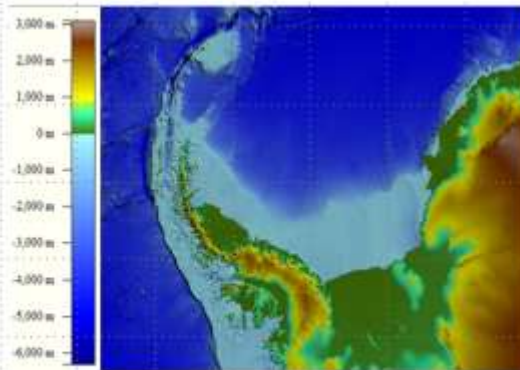
Sentinel



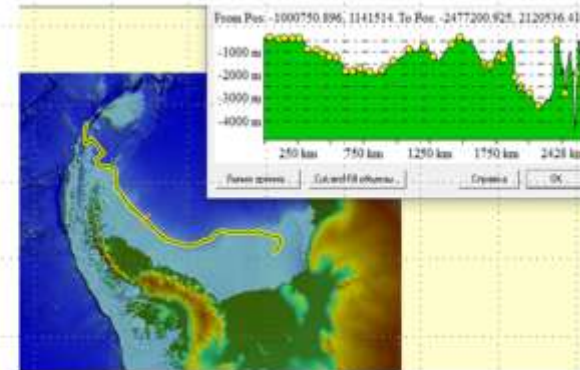
Визуализация движения айсберга A23a в Google Earth



30.01.2023



Цифровая модель рельефа дна для моря Уэдделла



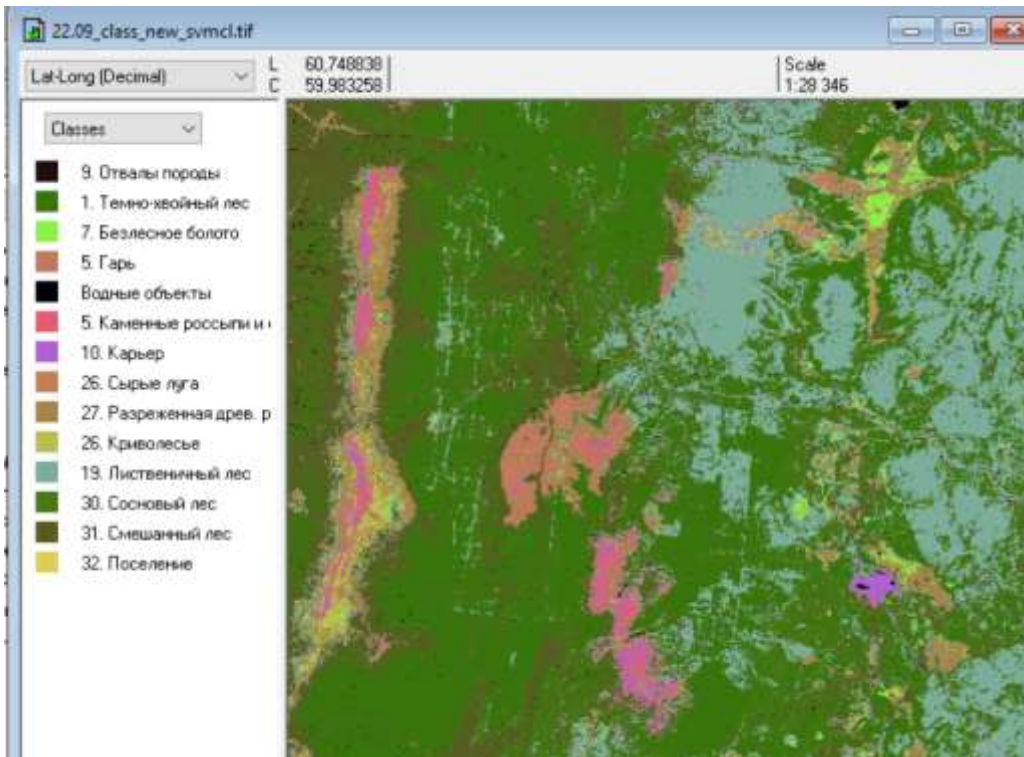
Профиль рельефа дна по траектории движения айсберга A23a

Проект по фондам данных ДЗЗ «Мониторинг дрейфа айсберга A23a (Антарктика): Зоя Головкова, Анна Смирнова, Родион Фирсов, Александр Шлапаков, 2024

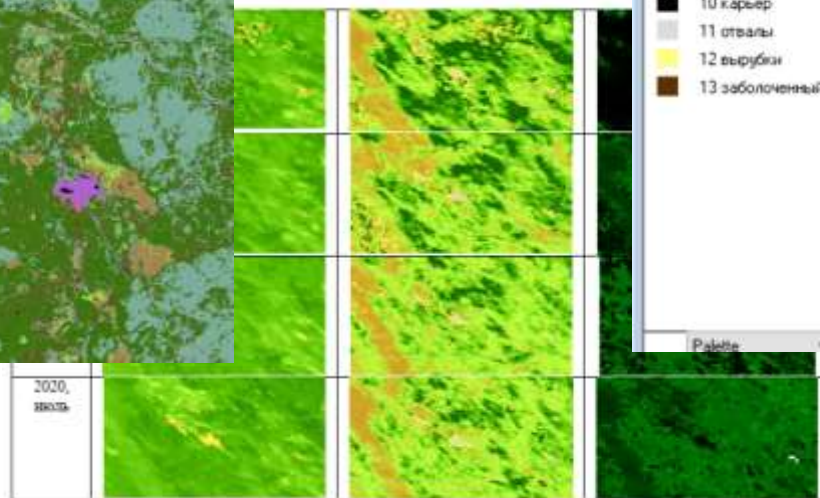
ПРОЕКТНАЯ РАБОТА – 4 МОДУЛЬ



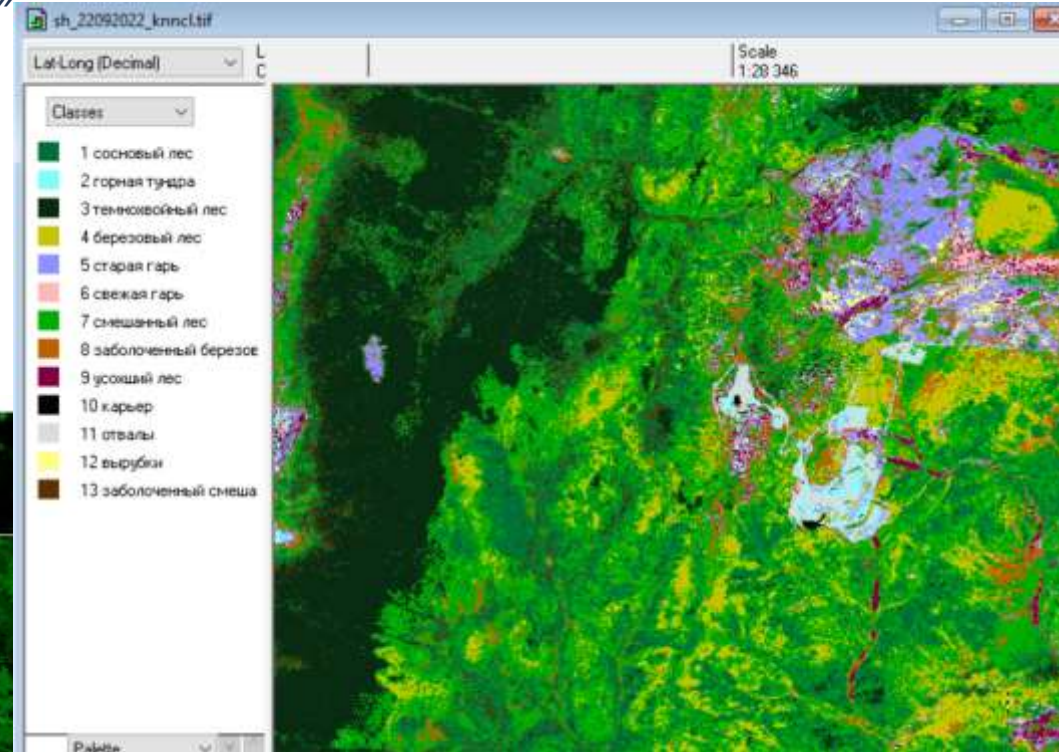
Классификация изображений методами машинного обучения и автоматизированный анализ изменений
Портфолио проектных работ «Экологические проблемы, вызванные освоением Ново-Шемурского месторождения, Северный Урал 2010-2020-е гг.»



*Классификация с обучением -
метод опорных векторов
Работа Александра
Мухамеджанова, 2023*



*Выявление нарушений растительного покрова по временной
серии вегетационных индексов (Мария Диденко, 2023)*



*Классификация с обучением -
метод К-ближайших соседей
Работа Наталья Склюевой,
2023*

ПОРТФОЛИО ВЫПУСКНИКА КУРСА – 4 МОДУЛЬ



Визуальная схема комплексного дешифрирования месторождения битуминозных песков провинции Альберта (Канада)

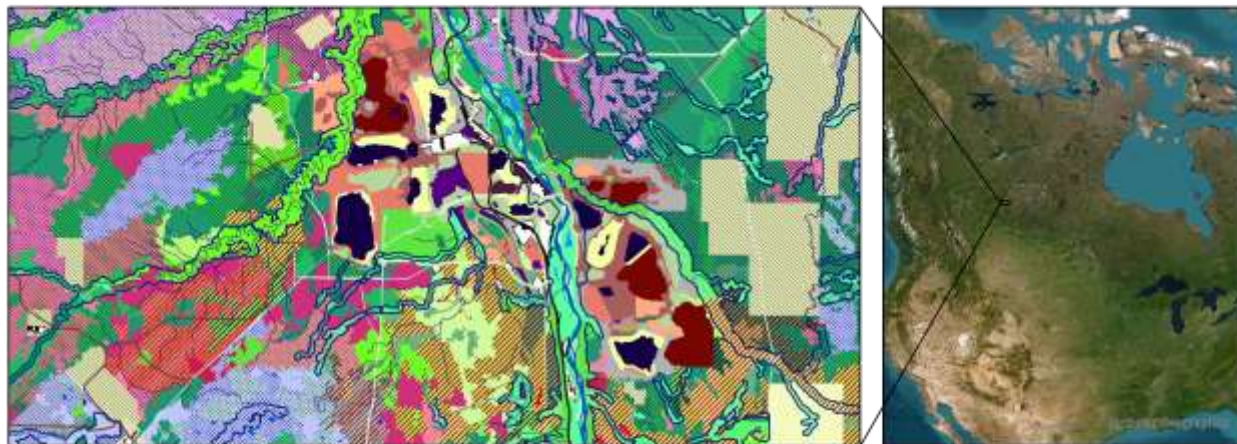
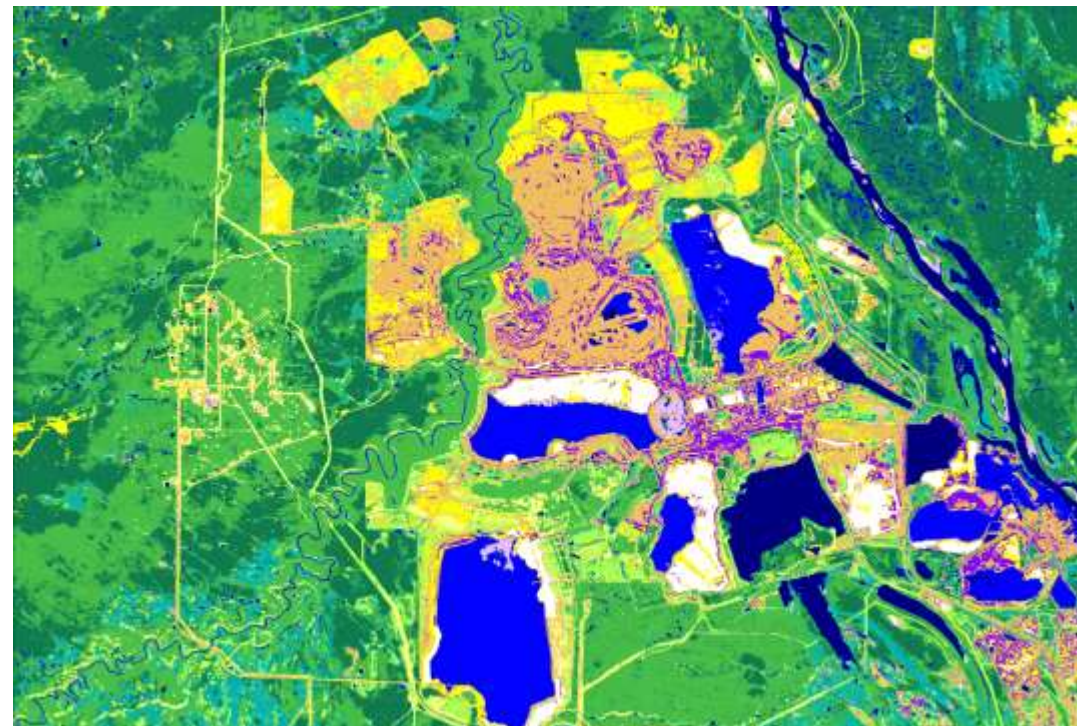


Схема автоматизированного дешифрирования



Эн...	Цвет	Процент	Комментарий
1		6.9527	Пойменные луга и болота, заливаемые в июне
2		28.3204	Смешанные леса, активно вегетирующие в июне
4		24.4485	Хвойные и преимущественно хвойные леса, активно вегетирующие всегда
6		4.7363	Луговая растительность, активно вегетирующая в июне
10		10.6500	Вырубки, просеки, карьеры, меньше всего вегетирующие в июне (из-за антропогенного воздействия)
11		5.7996	Грунты, наносимые снегом в октябре
12		2.6641	Просеки, на которых трава активно вегетирует в июне
15		7.0009	Водные объекты и обводненные грунты, слабо изменяющиеся (более обводненные в июне)
17		0.5745	Грунты и пески, обнажающиеся в октябре (от воды)
19		2.9403	Грунты и пески, обводненные в июне
20		3.3758	Не изменяющиеся во времени водные объекты (реки, озера, хвостохранилища)
23		2.5334	Не изменяющаяся во времени производственная инфраструктура (заводы, отвалы)
28		0.0035	Сжигание попутного газа в октябре

Инициативный проект Софии Лалетиной, 2023/2024 уч. год
 «Комплексное дешифрирование месторождения битуминозных песков в провинции Альберта (Канада)»
 рекомендован для конкурса НИРС

СВЯЗЬ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ



	Разделы и темы курса «Основы дистанционного зондирования Земли»	Дисциплины общего цикла и смежные дисциплины	Базовые общегеографические дисциплины
1 модуль	Физические основы ДЗЗ Технологии съемок	Введение в общую физику Цифровая картография и геоинформационные системы	Земные сферы: атмосфера и гидросфера
2 модуль	Коррекция и преобразования изображений	Цифровая картография и геоинформатика	Введение в географию глобальных изменений окружающей среды
3 модуль	Фотограмметрия Современный фонд данных ДЗЗ и производных продуктов	Цифровая картография и геоинформационные системы	Земные сферы: литосфера, педосфера и биосфера
4 модуль	Основы тематической интерпретации данных ДЗЗ Технология и методика дешифрирования	Высшая математика и основы статистики Цифровая картография и геоинформационные системы	Земные сферы: литосфера, педосфера и биосфера

ПРИМЕНЯТЬ ЗНАНИЯ И НАВЫКИ В ДАЛЬНЕЙШЕЙ УЧЕБЕ И НА ПРАКТИКЕ



Основы дистанционного зондирования Земли

Основы дистанционного зондирования Земли: прикладные аспекты

Тематическая интерпретация дистанционной информации
(вариативная специализации)

Компьютерное зрение и машинное обучение в анализе изображений
(курс по выбору)

Курсовые проекты 2 и 3 курсов, НИРС

Выпускные квалификационные работы

Учебная полевая практика 1 курса
Блок «Основы цифровой картографии и дистанционного зондирования»: Полевое тематическое дешифрирование высокодетальных аэрокосмических снимков

Учебная полевая практика 2 курса
Все специализации

Производственные практики (ИГРАН, ИКИ РАН, Сканэкс, Барл, Ситроникс)

БЛАГОДАРНОСТИ



Студентам 1-4 курсов факультета географии и геоинформационных технологий ИИУ ВШЭ и выпускникам программы «География глобальных изменений и геоинформационные технологии» 2024 г.

Отделу картографии и дистанционного зондирования Земли Института географии РАН (подбор учебных данных и тем проектных работ авторы курса выполняют в рамках Госзадания «Разработка методов геоинформационного анализа, картографирования и дистанционного мониторинга компонентов природной среды и антропогенных объектов» (FMWS-2024-0009) 2024 / 2028»



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
Российской академии наук



основан в 1918 году



ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ ВОПРОСЫ?

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ»

[HTTPS://WWW.HSE.RU/EDU/COURSES/920884260](https://www.hse.ru/edu/courses/920884260)