

# Предварительная оценка гиперспектральных снимков PRISMA на примере решения географических задач

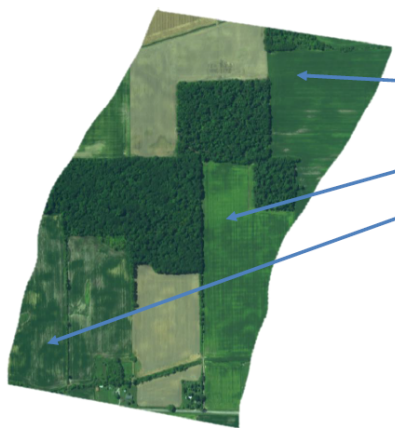
*Балдина Е.А., Васильев П.В., Мишко М.Д.*

*Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова*

Москва 2024 г.

# Что такое гиперспектральная съёмка?

Гиперспектральная съёмка - это определение спектральных характеристик объекта за счёт его отражающей способности в каждом пикселе изображения.

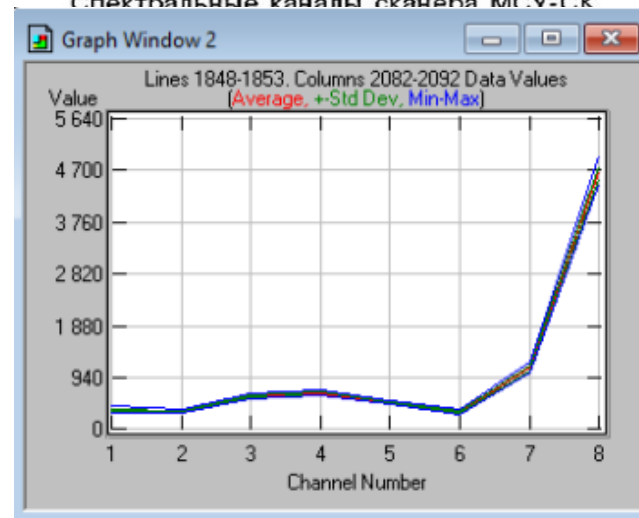
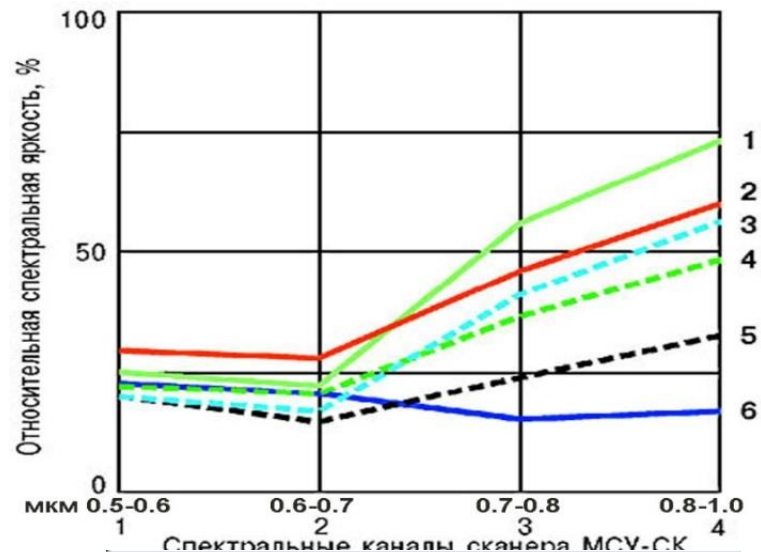
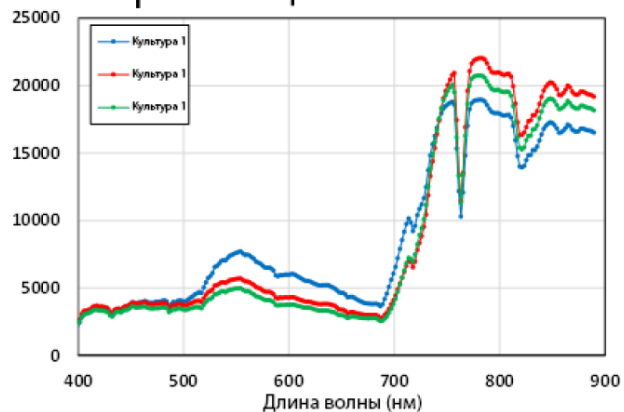


Разные

материалы  
минералы  
виды культур  
состояния культур  
и др.

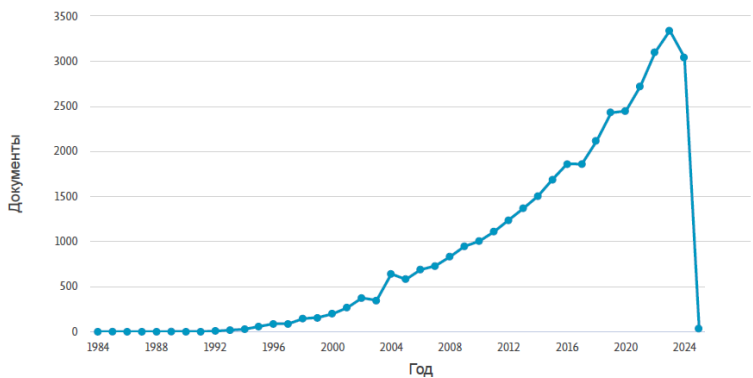
имеют разные спектральные характеристики

### Отражающая способность

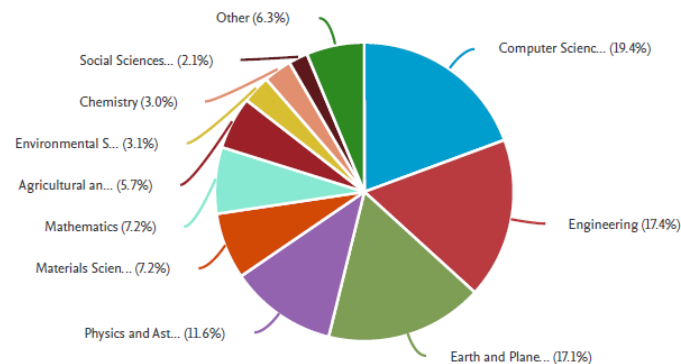


# Публикации по гиперспектральным данным (1984-2025) ( БД Scopus)

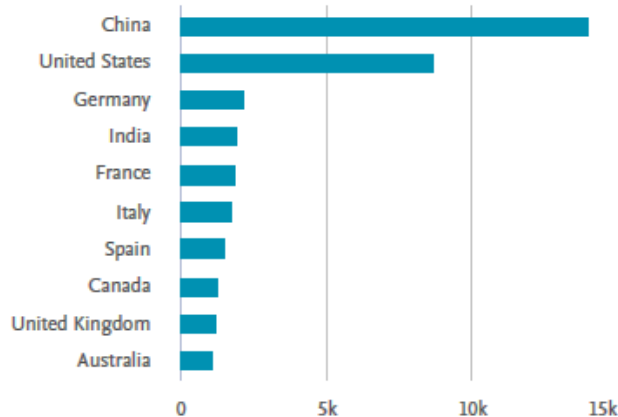
Документы по годам



Документы по отрасли знаний



Документы по странам



# Современные гиперспектральные миссии и их характеристики

No.	Sensor	Satellites/ platform	Launch time	Organizations	Number of bands	Spectral range ( $\mu\text{m}$ )	Spectral resolution (nm)	GSD (m)	Swath width (km)	Spectral imaging techniques	Application
1	Hyperion	EO-1	2000	NASA	19 to 62	0.4 to 2.5	10	30	7.7	Grating and pushbroom	Earth observation; mining, geology, forestry, land, and area mapping
2	CHRIS	PROBA	2001	ESA	19 to 62	0.4 to 1.0	1.25 to 11	25 to 50	13	Prism, pushbroom, and multi-viewing	Land and water related applications and aerosol measurements
3	MERIS	ENVISAT	2001	ESA	520 (transmit)	0.39 to 1.04	1.25	300	1150	Grating, pushbroom, and onboard band width selection	Ocean observation
4	FTHSI	HJ-1A	2008	NCDR/SEPA	115	0.45 to 0.95	4	100	50	Fourier interferometer	Earth observation
5	TianGong-1	Shenzhou-8	2011	Chinese Academy of Science and Physics	128	0.40 to 0.25	10 VNIR 23 SWIR	30	10	Pushbroom	Scientific research and land imaging
6	AHSI	Gaofen-5	2018	Shanghai Institute	330	0.40 to 2.50	5 VNIR 10 SWIR	30	60	Grating and pushbroom	Earth observation
7	HysIS	IMS-2	2018	COSPAR ID	256	0.40 to 2.40	10	30	30	Dispersive (?)	Agriculture, forestry, and geography
8	PRISMA	PRISMA	2019	ASI	237	0.40 to 2.51	12	30	30	Prism and pushbroom	Natural resources and atmosphere
9	HISUI	ALOS-3	2019	METI	185	0.40 to 2.50	10 VNIR 12.5 SWIR	30	30	Grating and pushbroom	Energy and vegetation monitoring
10	HypSIPI	HypSIPI	2020	JPL, NASA	>200	0.38 to 0.25	10	60	145	Pushbroom	Volcanic, vegetation, soil, and exploration
11	EnMAP	German HS	2021	GFZ/DLR	244	0.42 to 2.50	5 and 10	30	30	Prism and pushbroom	Earth observation
12	HypXIM	HypXIM	2023	CNES	214	0.4 to 0.25	10	8	15	Pushbroom	Soil, urban, and coastal biodiversity



# PRISMA –

*(PRecursoro IperSpettrale della Missione Applicativa)*

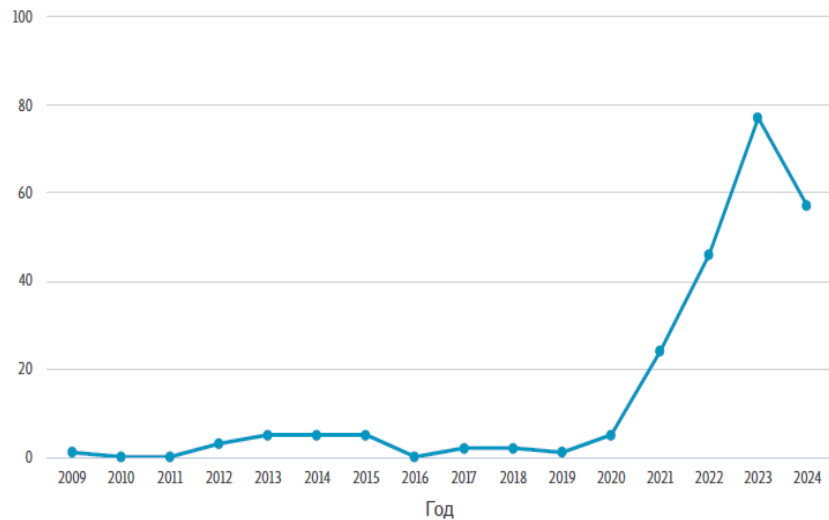


Orbit altitude reference	615 km
Swath/Field of view	30 km/2.77°
Ground Sample Distance	Hyperspectral: 30 m PAN: 5 m
Spatial pixels	Hyperspectral: 1000 PAN: 6000
Pixel size	Hyperspectral: 30 × 30 μm PAN: 6.5 × 6.5 μm
Spectral range	VNIR: 400–1010 nm (66 bands) SWIR: 920–2500 nm (173 bands) PAN: 400–700 nm
Spectral sampling interval (SSI)	≤12 nm
Spectral width	≤12 nm
Spectral calibration accuracy	±0.1 nm
Radiometric quantization	12 bit
VNIR Signal to noise ratio (SNR)	>200:1
SWIR SNR	>100:1
PAN SNR	>240:1
Absolute radiometric accuracy	Better than 5%

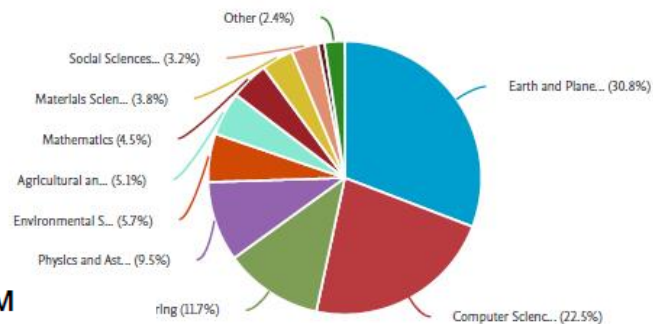
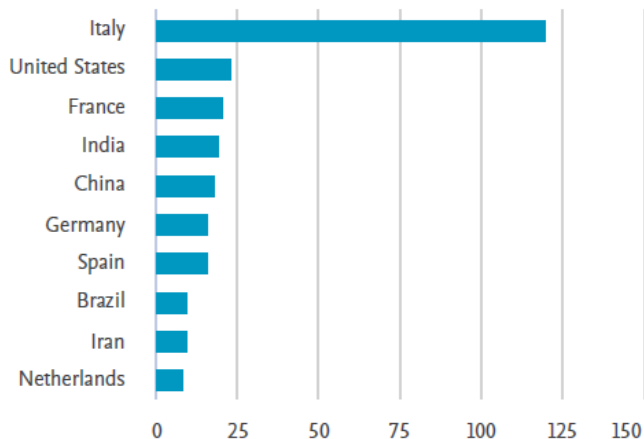
# Публикации по гиперспектральным данным PRISMA (2009-2025) ( БД Scopus)

Документы по отрасли знаний

Документы по годам



Документы по странам



Доступность - <https://www.asi.it/en/earth-science/prisma/>



На сайте итальянской космического агентства ASI есть ссылка, по которой можно зарегистрироваться в системе и оставить заявку на получение необходимых данных. Однако данные недоступны для пользователей с почтами, содержащими домены российских научных учреждений

# Свойства данных

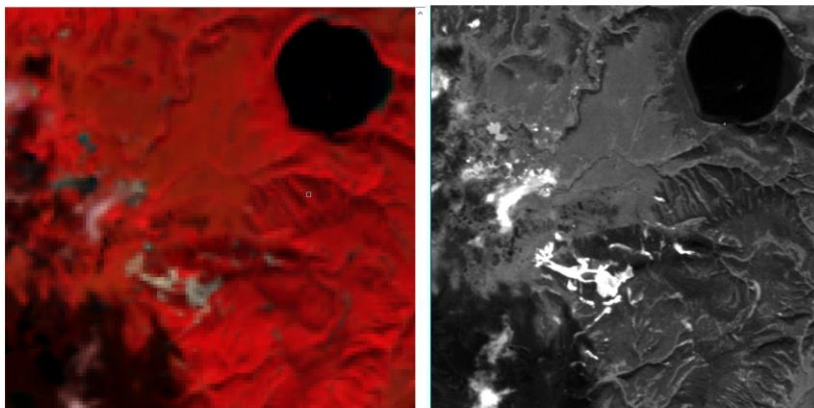
## Формат:

- HDF5-EOS – Hierarchical Data Format – \*.he5

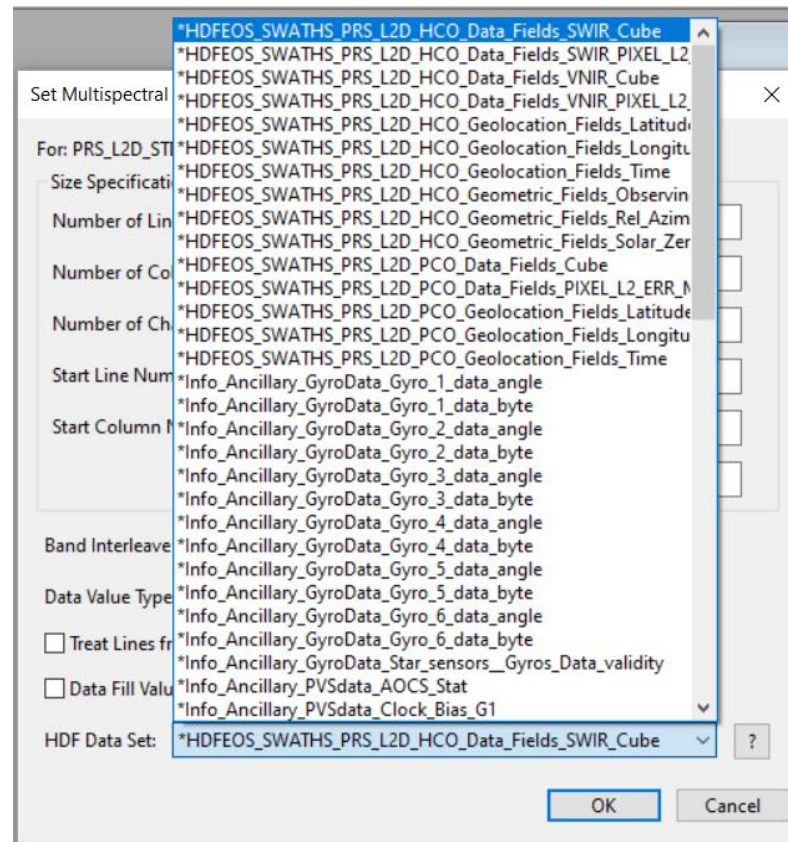
Необходимость фильтрации каналов;

- Трудности выбора данных из пакета
- Трудности с программным обеспечением

В комплекте HDF файла 2 куба VNIR, SWIR данных с разрешением 30 м и панхроматический снимок в разрешении 5 м



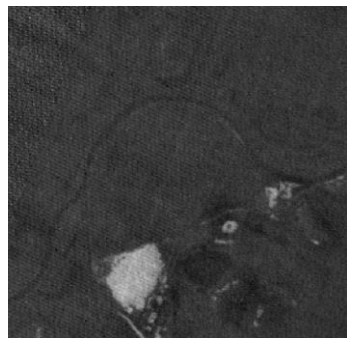
Данные уровня L2D – с проведенной атмосферной коррекцией, геокодированные, орторектифицированные с использованием ЦМР.



Файл снимка PRISMA \*.he5  
при импорте в MultiSpec



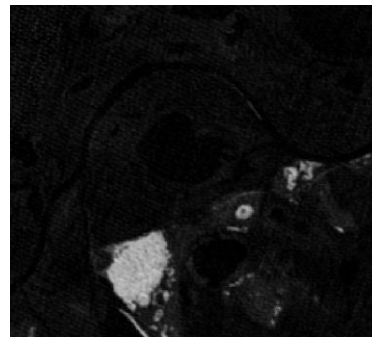
# Не все каналы одинаково полезны



407 нм  
Слабый регулярный шум



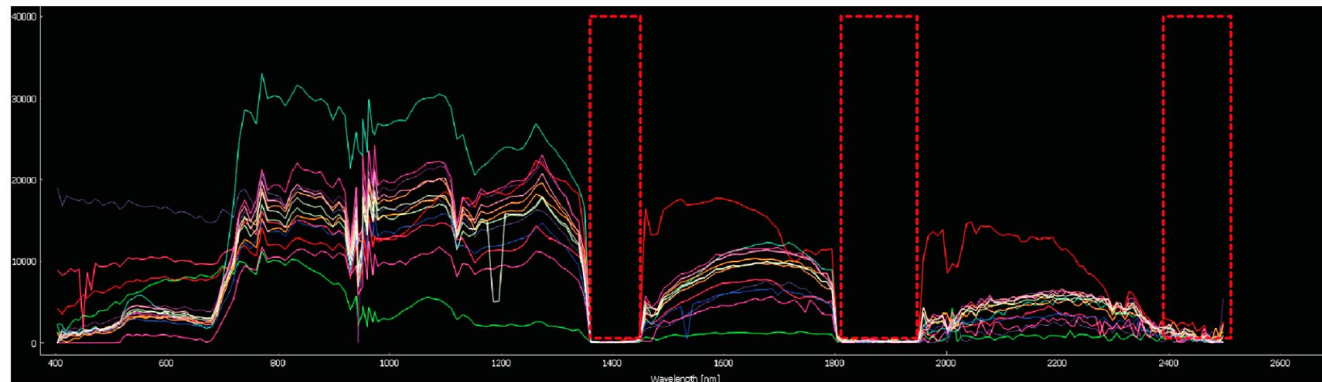
1394 нм  
Сильный регулярный шум



2463 нм  
Случайные шумы, низкая яркость.

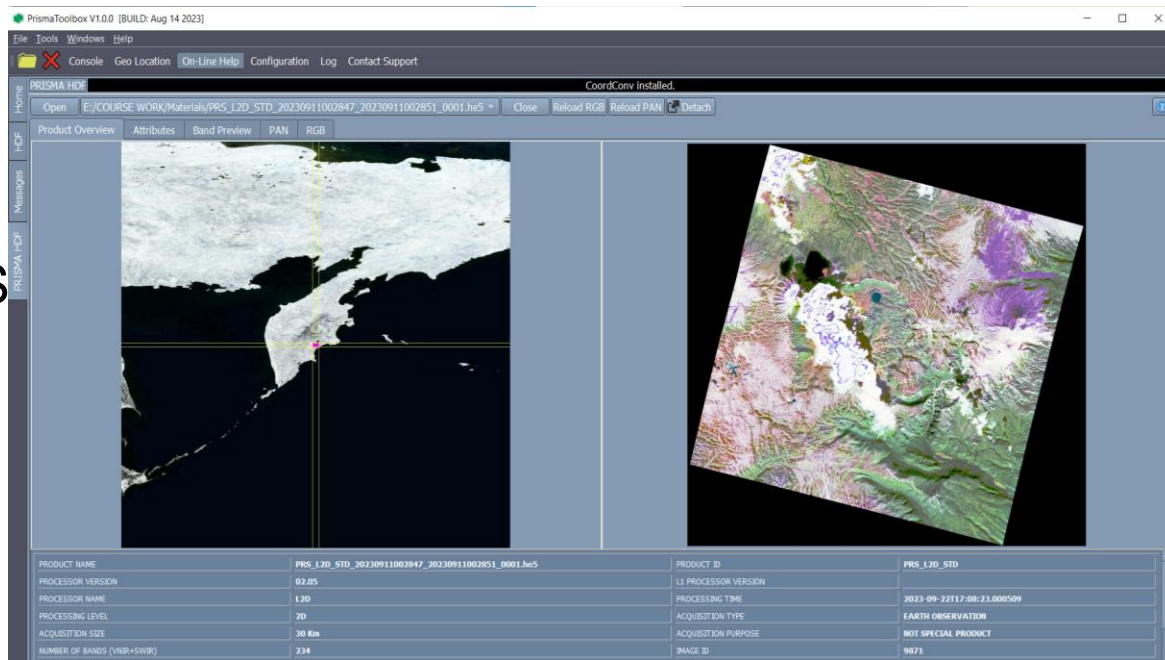
*Наиболее шумные каналы  
в основном соответствуют  
полосам поглощения  
водяного пара*

Спектральные  
сигнатуры  
оригинального куба  
данных PRISMA;  
выделены каналы,  
данные в которых  
искажены



# Программы для работы с гиперспектральными данными PRISMA

- ✓ PRISMA Toolbox
- ✓ MultiSpec 2024.05.16
- ✓ EnMAP-Box 3.14 (модуль QGIS)
- ✓ AVHYAS 0.1 (модуль QGIS)
- ✓ Python 3.10
- ✓ .....
- ✓ SNAP



Снимок PRISMA на территорию Узон-Гейзерной ВТД в PRISMA Toolbox

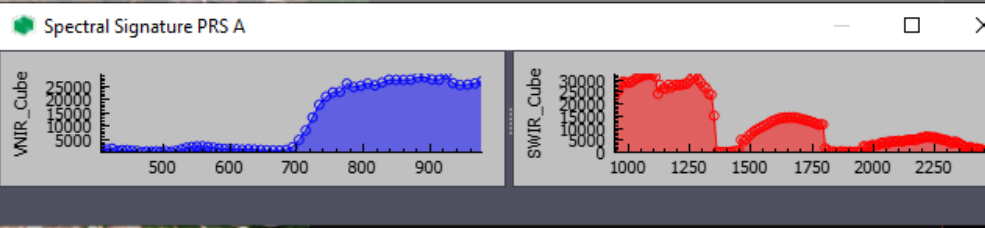
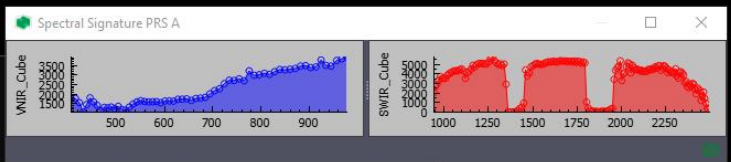
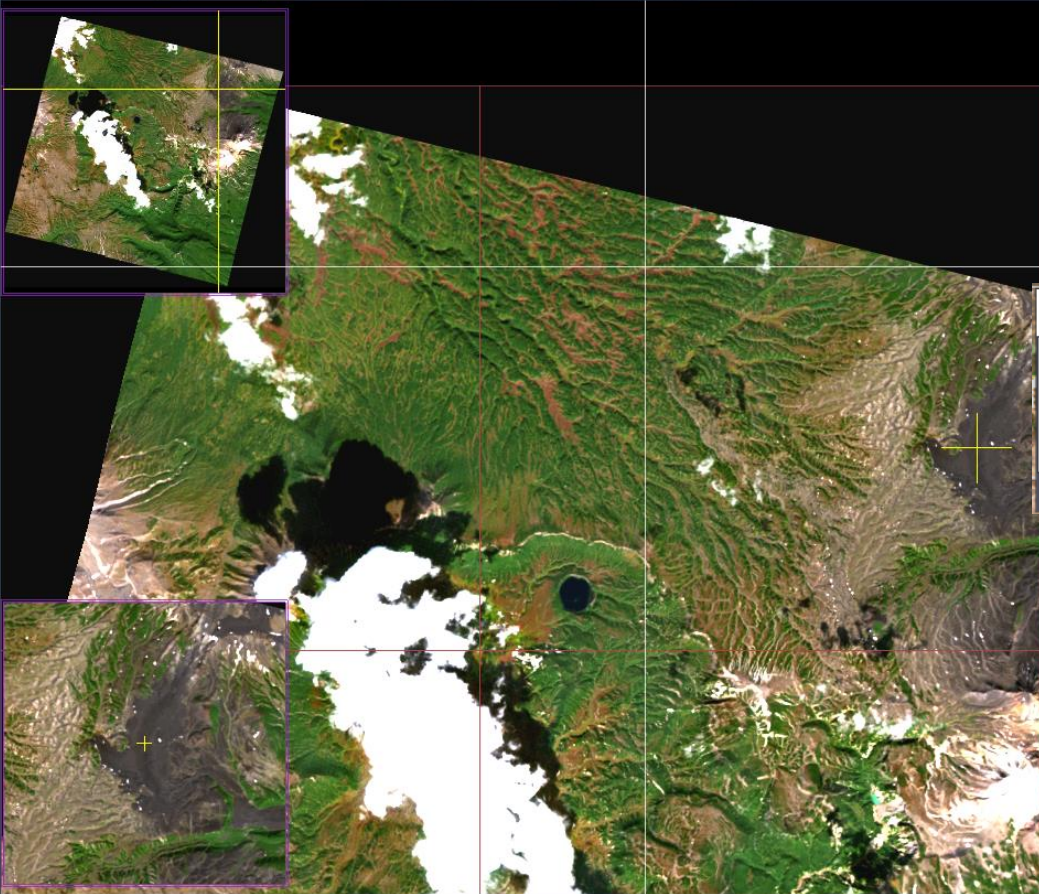
PRISMA HDF

Open G:\PRISMA\_images\PRS\_L2D\_STD\_20230911002847\_20230911002851\_0001.he5 Close Reload RGB Reload PAN Detach

Product Overview Attributes Band Preview RGB PAN

id: 328 C 962 La 54,542946 Lo 160,211395 H 0,0 Coreg.

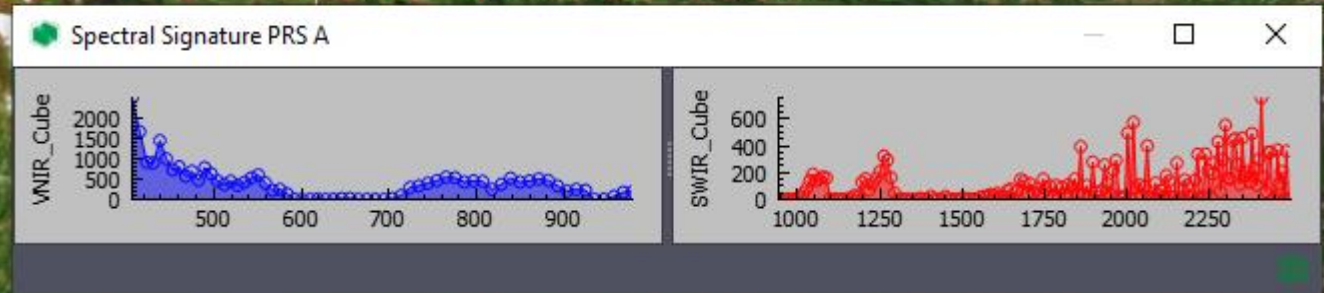
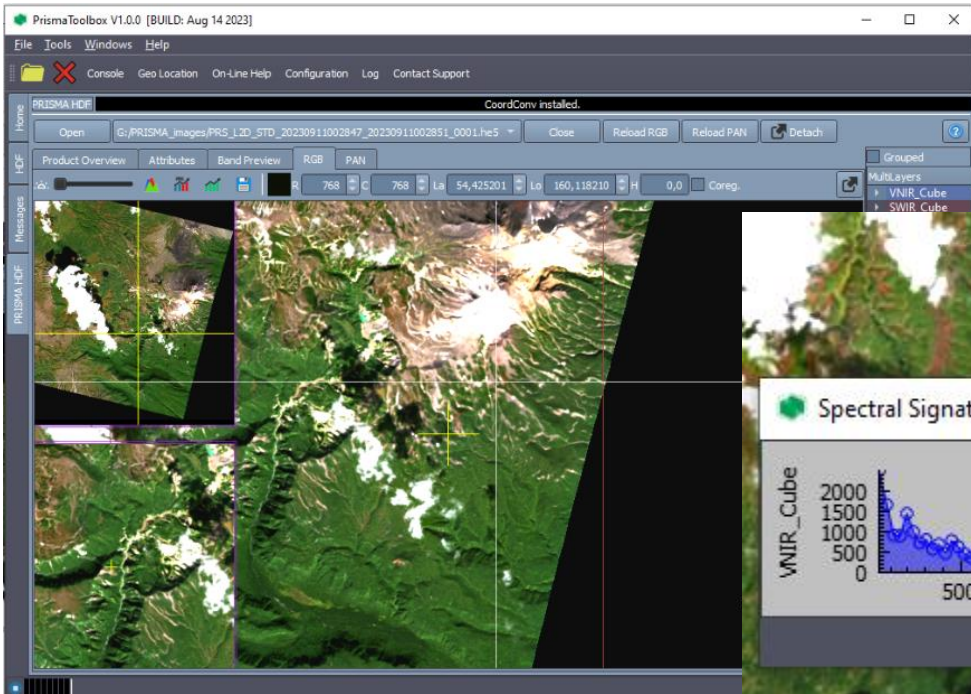
# PRISMA Toolbox 1.0.0



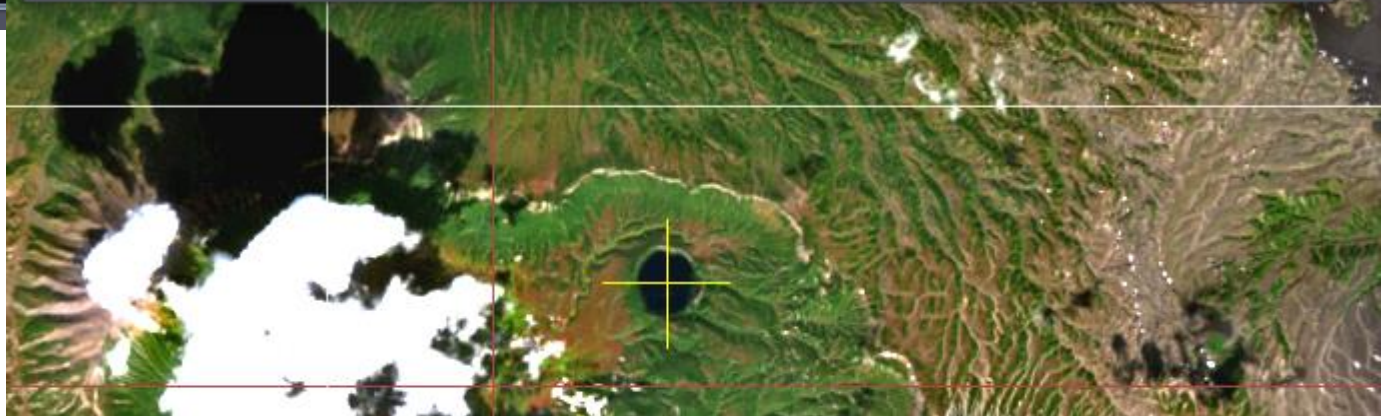
Workspace A



# PRISMA Toolbox 1.0.0



является просто просмотрщиком снимков Prisma без каких-либо возможностей анализа, и, главное экспорта. Хотя и с возможностью визуализации спектральных графиков







## A Freeware Multispectral Image Data Analysis System

позволяет довольно просто просматривать 2 куба данных и панхроматический снимок, строить спектральные образы для различных объектов.

Экспорт в Geotiff кубами или отдельными каналами, но теряет пространственную привязку снимков

Непростой экспорт данных для построения графиков, узкий набор инструментов для растрового анализа.

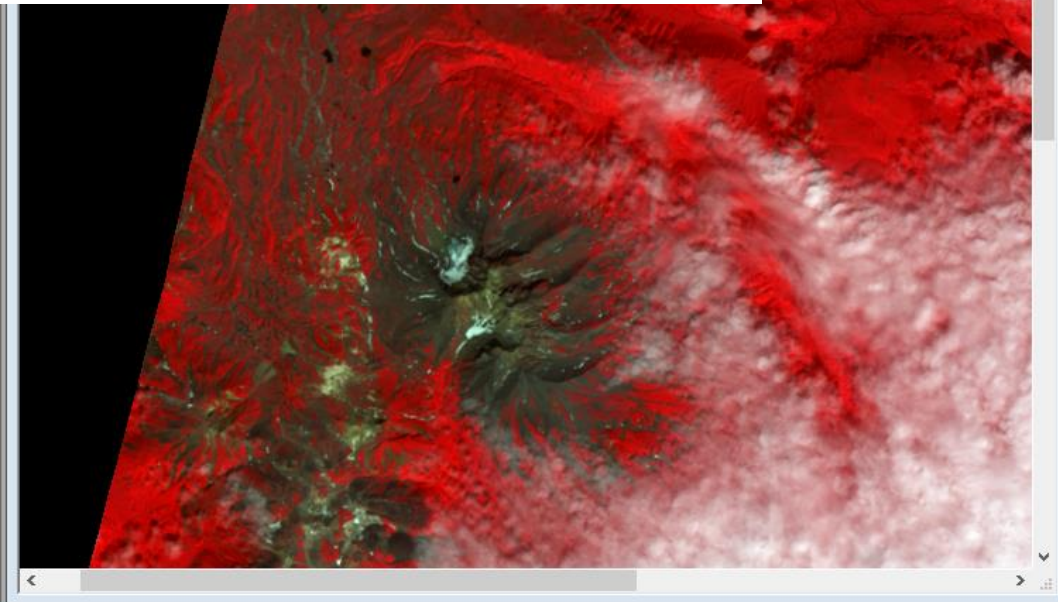
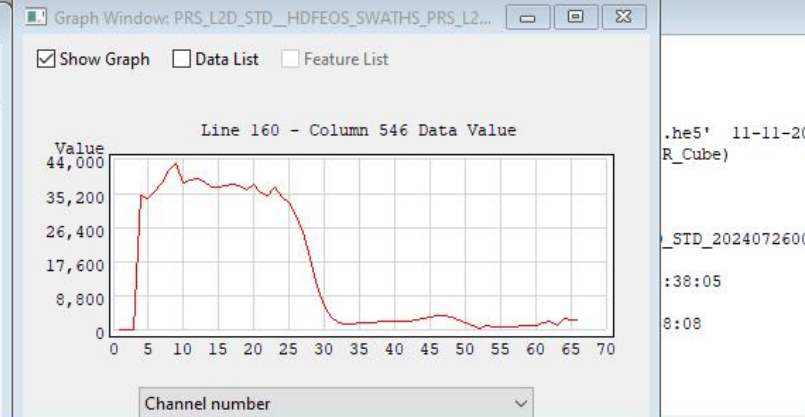
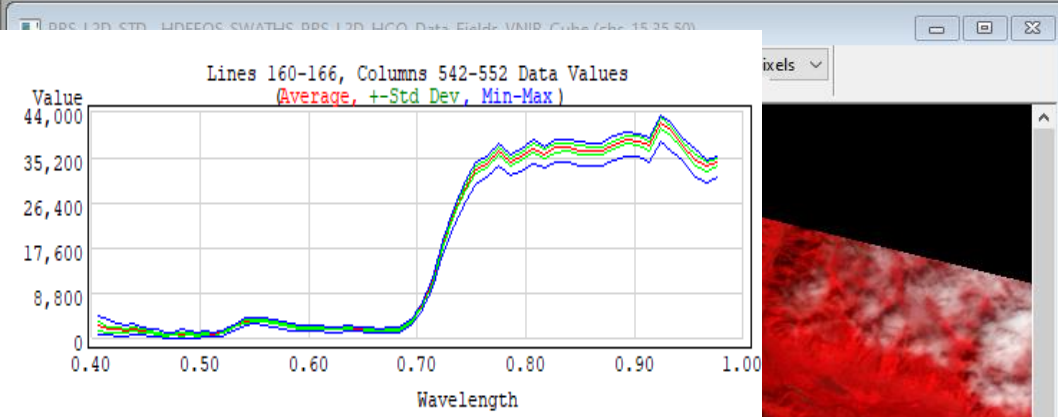
Clustering completed after 23 passes and 16,303 of 1,692,537 pixels changed.  
Final cluster class statistics.

Cluster	Pixels	%	Channel Means																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	32,760	1	0.0	0.0	19028.6	20598.1	21267.5	23857.8	24357.8	23923.5	23800.0	23777.0	24029.5	24445.9	24533.4	24618.3	24981.3	25216.5	25128.5	25486.9	25918.6	25720.2	20677.3	23714.3	23676.6	2443
2	28,257	1	0.0	0.0	16708.9	18112.9	18723.1	20978.4	21444.8	21093.4	21036.5	21101.5	21434.0	21885.2	22023.0	22127.0	22534.2	22857.8	22834.8	23195.2	23634.9	23483.4	18964.3	21190.6	21215.4	2156
3	161,582	9	0.0	0.0	17663.2	19120.1	19602.8	21882.5	22275.9	21884.3	21870.2	21980.5	22371.7	22904.3	23103.8	23282.8	23754.7	24127.7	24138.0	24541.4	25046.5	24993.7	20211.6	22354.0	22244.5	2209
4	199,271	11	0.0	0.0	21283.2	22629.6	22670.2	25694.3	26255.8	25981.6	26136.3	26291.0	26775.1	27464.4	27817.8	28221.4	28740.6	28986.3	28859.2	29111.2	29387.8	28939.0	22953.2	24010.0	23358.1	2196
5	168,789	10	0.0	0.0	17587.6	18852.2	19063.6	21647.9	22147.9	21944.0	22095.5	22233.5	22662.0	23281.8	23577.5	23914.1	24382.9	24636.4	24556.3	24797.2	25025.5	24630.8	19334.1	20610.2	20110.9	1916
6	140,886	8	0.0	0.0	16625.6	17937.2	18373.6	20564.0	21023.8	20724.1	20766.1	20931.4	21366.9	21921.0	22153.7	22363.4	22858.0	23249.7	23260.5	23622.0	24056.9	23893.3	19289.6	20895.9	20648.9	2030
7	81,421	4	0.0	0.0	13201.0	14291.8	14599.7	16634.0	17090.2	16961.3	17091.7	17237.0	17614.2	18120.8	18361.4	18623.4	19029.0	19279.2	19236.6	19442.1	19630.9	19292.4	15140.3	16185.4	15784.7	1521
8	32,200	1	0.0	0.0	8430.0	9311.2	9579.4	11109.1	11482.9	11442.8	11574.6	11672.1	11931.4	12282.0	12444.6	12641.6	12909.2	13047.9	12988.5	13083.1	13158.3	12876.3	10010.3	10638.9	10401.2	995
9	27,364	1	0.0	0.0	3236.3	3831.3	4052.6	4849.1	5103.2	5130.4	5235.5	5300.3	5450.1	5627.2	5699.7	5803.9	5944.1	6012.6	5972.7	5995.3	6001.5	5842.0	4548.3	5009.6	4827.7	454
10	820,007	48	0.0	0.0	12.2	17.1	18.8	24.7	28.5	31.3	35.1	37.0	40.8	45.6	47.4	49.5	52.4	53.0	50.5	46.7	41.1	34.5	26.6	37.4	33.2	2

Cluster	Channel Standard Deviations																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0.0	0.0	1368.2	1417.6	1439.7	1419.2	1380.1	1319.9	1288.4	1274.1	1276.1	1303.8	1311.2	1334.6	1350.2	1349.9	1343.7	1369.5	1382.8	1392.5	1296.9	1761.4	1484.5
2	0.0	0.0	2011.2	2101.4	2044.4	2183.9	2159.6	2095.8	2088.4	2078.0	2092.6	2135.4	2164.0	2222.2	2253.4	2247.1	2236.8	2270.3	2310.5	2347.8	2011.4	2413.4	2146.0
3	0.0	0.0	1498.8	1561.3	1458.2	1594.9	1548.7	1508.4	1522.9	1517.2	1535.5	1583.6	1616.9	1692.3	1715.0	1692.6	1683.3	1694.0	1717.6	1762.4	1570.6	1787.4	1538.6
4	0.0	0.0	1831.8	1809.2	1689.6	1881.9	1907.7	1899.5	1925.9	1940.2	1982.9	2044.6	2102.5	2175.1	2214.7	2208.7	2183.1	2174.1	2168.0	2120.3	2007.3	1729.3	1512.4
5	0.0	0.0	1423.0	1416.1	1358.9	1465.2	1445.0	1409.6	1406.2	1383.0	1384.1	1415.2	1443.1	1496.4	1519.3	1508.2	1491.6	1485.4	1479.3	1468.4	1422.8	1362.9	1224.6
6	0.0	0.0	1683.6	1730.5	1640.6	1804.9	1794.2	1771.6	1807.3	1810.2	1843.2	1918.2	1975.7	2079.8	2122.0	2105.7	2093.0	2094.6	2092.1	2087.7	1760.6	1915.5	1655.2
7	0.0	0.0	1666.3	1660.0	1613.2	1773.8	1798.9	1792.2	1806.8	1815.8	1854.6	1917.0	1966.4	2033.6	2083.4	2096.4	2082.9	2077.5	2065.4	2026.7	1746.0	1641.5	1502.6
8	0.0	0.0	1880.1	1895.5	1835.1	2016.6	2034.1	2007.9	2016.2	2025.8	2058.1	2121.0	2155.7	2200.0	2251.9	2276.2	2269.0	2284.2	2293.4	2291.5	1894.9	1969.0	1794.0
9	0.0	0.0	1525.2	1592.4	1553.3	1742.5	1778.0	1759.3	1773.6	1781.9	1805.7	1854.2	1876.1	1907.5	1946.7	1965.4	1955.0	1970.3	1983.7	1987.1	1640.9	2050.2	1724.9
10	0.0	0.0	110.6	139.1	145.1	180.8	198.7	207.2	219.3	225.4	237.4	250.4	254.0	260.5	269.6	273.2	268.4	263.5	255.1	240.3	200.9	310.5	251.3

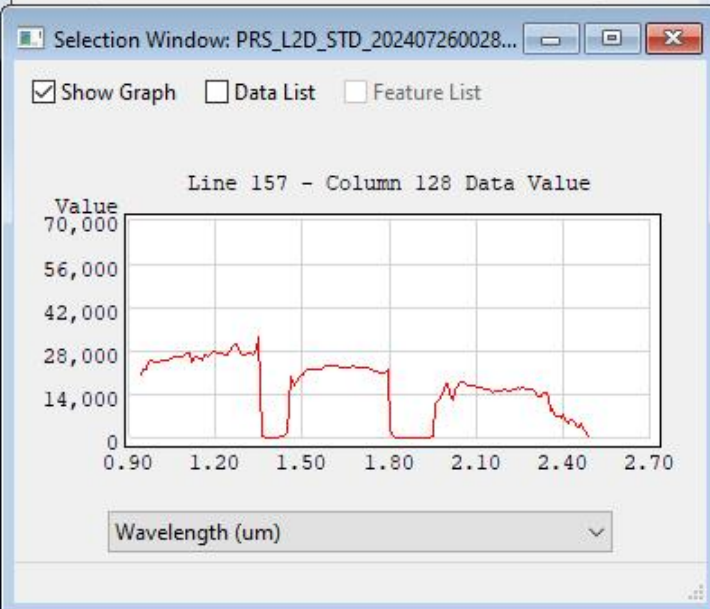
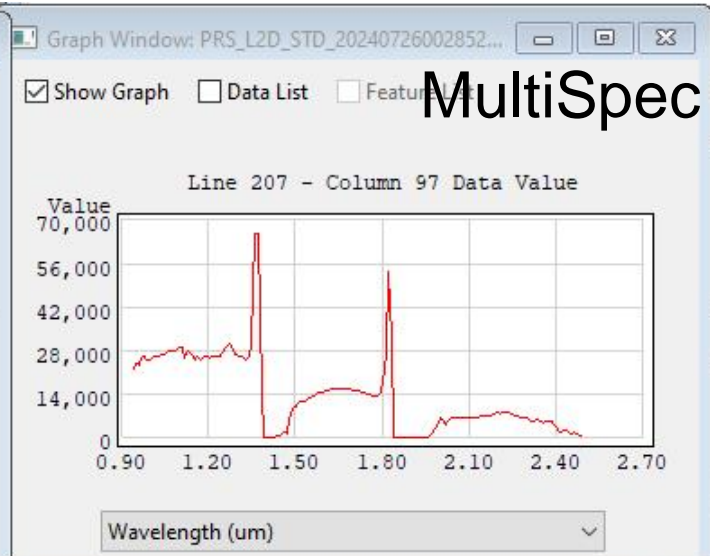
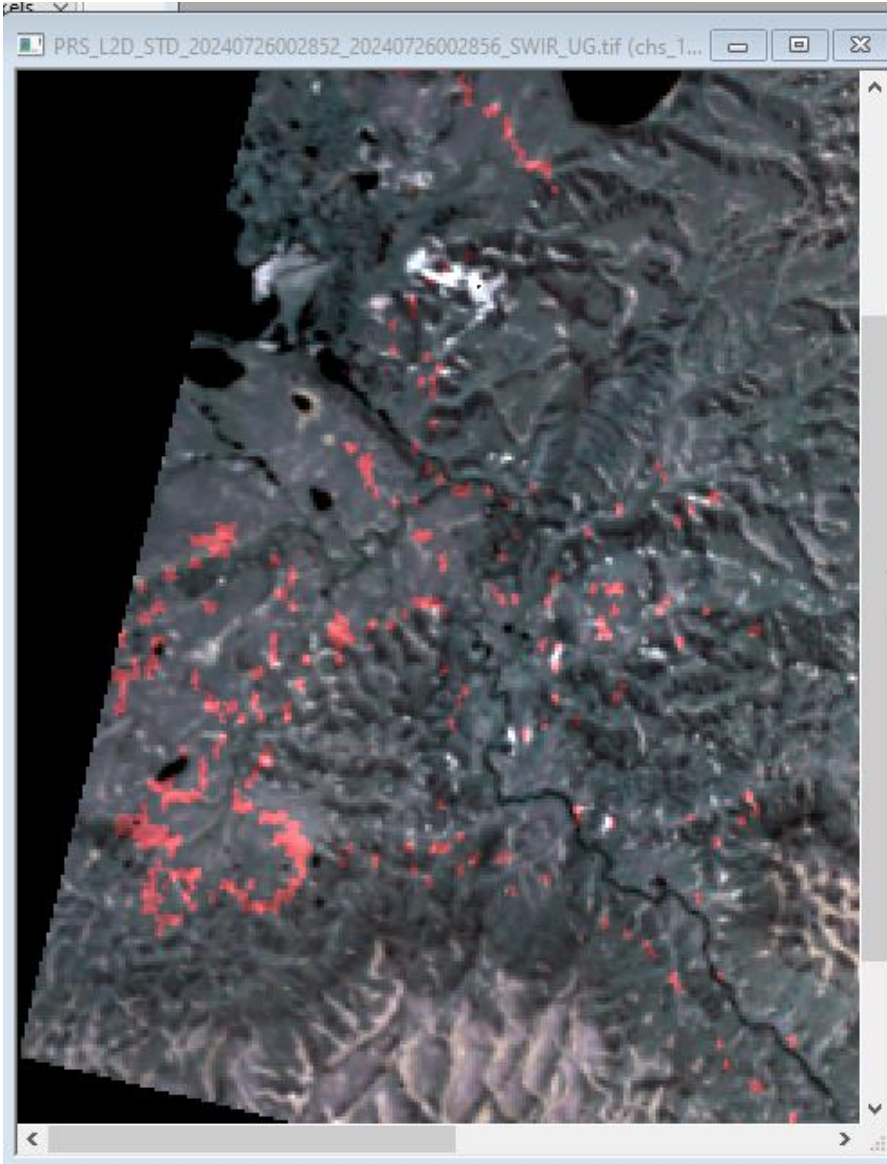
Output cluster source statistics mask file = 'FRS\_L2D\_STD\_20210702081655\_20210702081659\_0001\_h5SWIR\_c10.tif'



Selection Window: PRS\_L2D\_STD\_HDFEOS\_SWATHS\_PRS\_L2D\_HCO\_Data\_Fiel...

Show Graph  Data List  Feature List

Index:	Channel	Mean	+Std	-Std	Min	Max
37:	V 33 674.46436	1778	1989	1568	1190	2328
38:	V 32 684.13727	1955	2171	1738	1417	2397
39:	V 31 694.12836	3319	3551	3087	2685	3714
40:	V 30 703.737	6304	6618	5990	5256	6858
41:	V 29 713.72687	11329	11751	10907	9980	11924
42:	V 28 723.87994	18291	18844	17738	16398	19242
43:	V 27 733.9552	24643	25248	24038	22010	25631
44:	V 26 744.14954	29388	30023	28753	26819	30707
45:	V 25 754.4696	32870	33573	32167	30178	34497
46:	V 24 764.85645	34041	34733	33348	31560	35614
47:	V 23 775.2735	36489	37216	35762	33660	38105
48:	V 22 785.65955	34395	35115	33675	31681	35870
49:	V 21 796.12701	35290	36017	34563	32626	36813
50:	V 20 806.71106	37056	37832	36279	33999	38630
51:	V 19 817.31104	35984	36736	35232	33251	37364
52:	V 18 827.91949	37112	37893	36332	34250	38685
53:	V 17 838.52722	37143	37912	36374	34255	38696



MultiSpec 2024.05.16

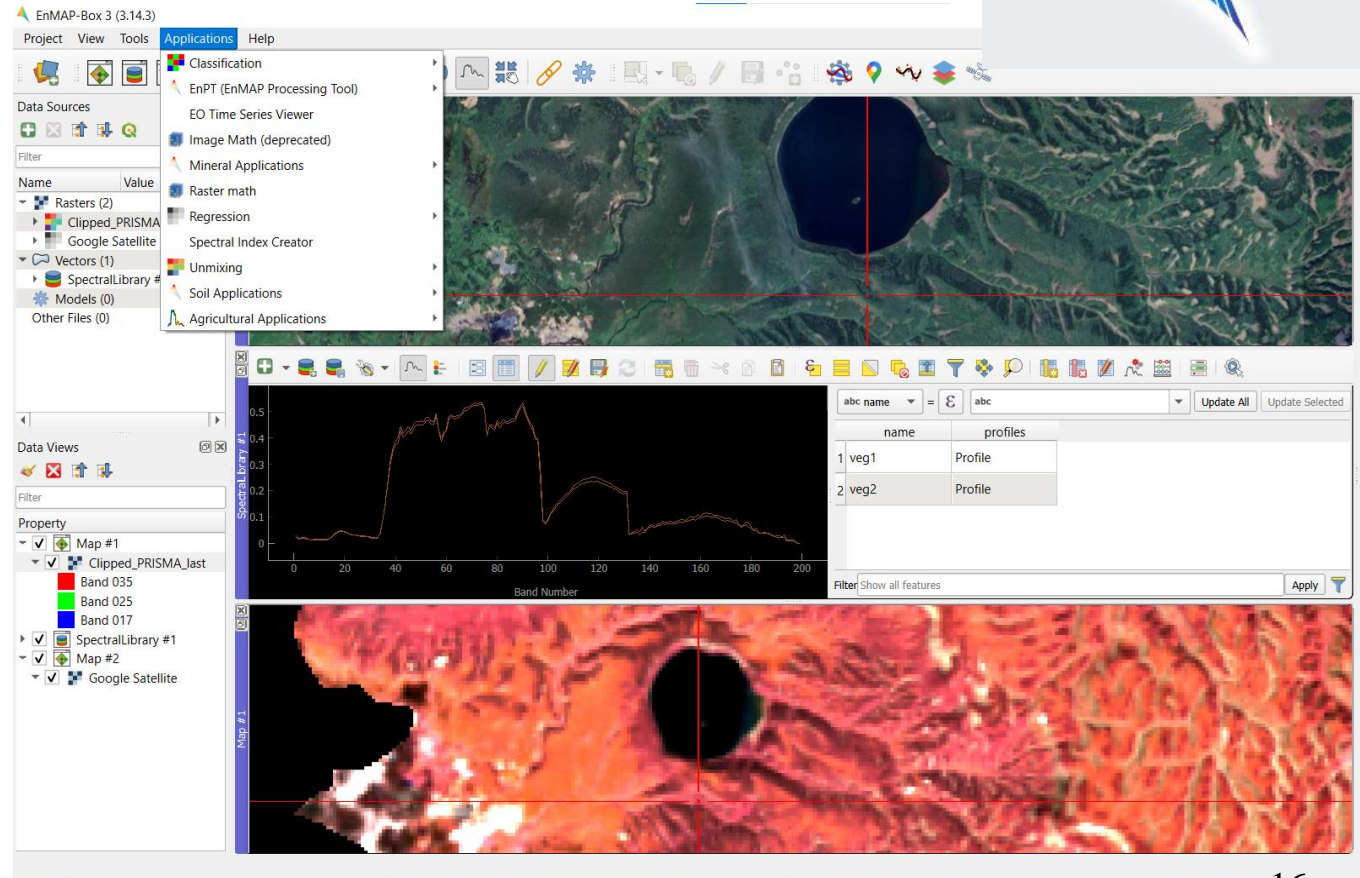
Визуальная  
оценка качества  
данных SWIR-  
диапазона



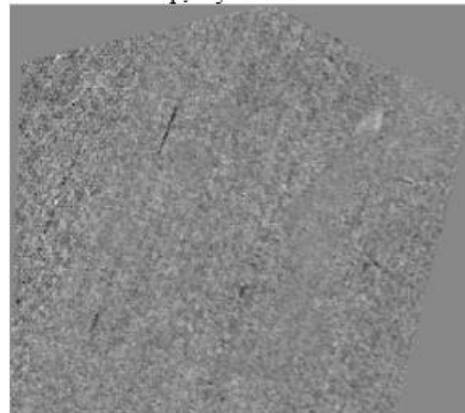
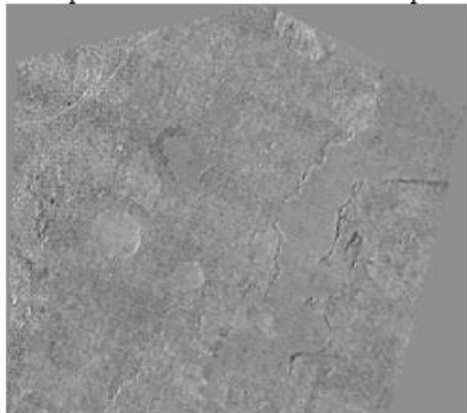
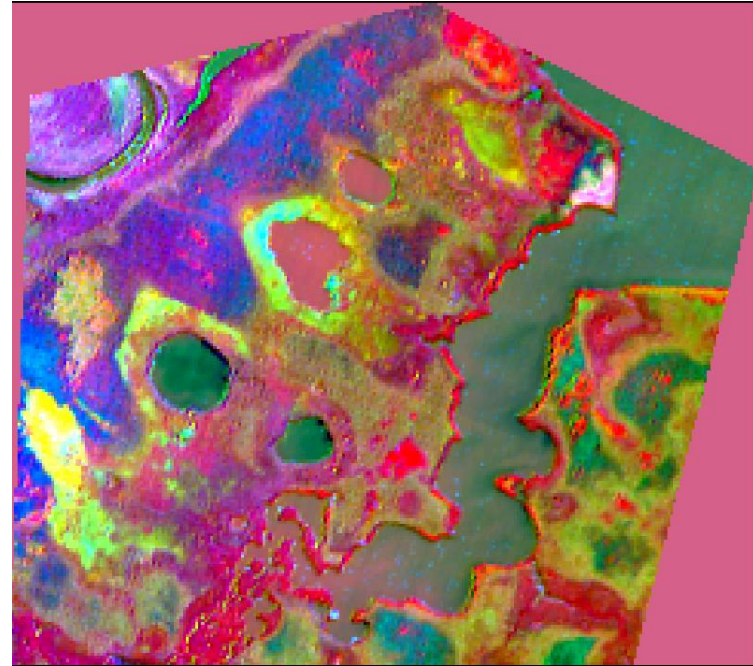
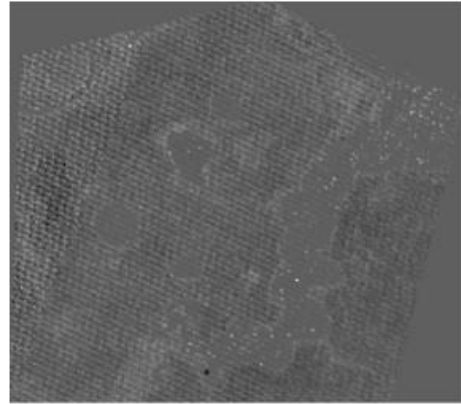
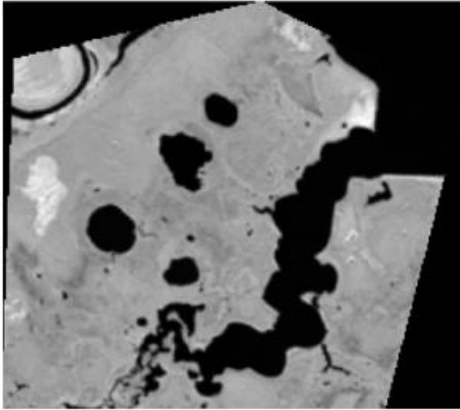
# EnMAP-Box



- Возможность одновременной работы с различными данными
- Вычисление кривых спектральной яркости и манипуляции с ними, создание спектральных библиотек
- Множество инструментов, в числе которых классификации, расчет почвенных, вегетационных и минеральных индексов и другие аспекты математической обработки растров



# Предобработка снимка (понижение размерности – метод главных компонент)



Синтез: 4-5-6 компоненты

Применение метода главных компонент. RGB синтез 4-5-6 компоненты



# Предобработка снимка (понижение размерности – метод главных компонент)

The screenshot displays the SNAP (Scientific Data Processing) software interface. The main workspace is divided into several windows:

- Product Explorer:** Located on the left, it lists 20 principal components (component\_1 to component\_20).
- Image Grid:** The central area contains a grid of image windows:
  - [1] RGB:** The original satellite image.
  - [2] component\_1 to [2] component\_8:** Individual principal components, showing various features like terrain and vegetation.
  - [2] component\_3 to [2] component\_8:** Binary masks derived from the components, highlighting specific features.
- Navigation - [2] ...:** A window at the bottom left showing a zoomed-in view of the image with a scale of 1.75:1 and a rotation of 0°.

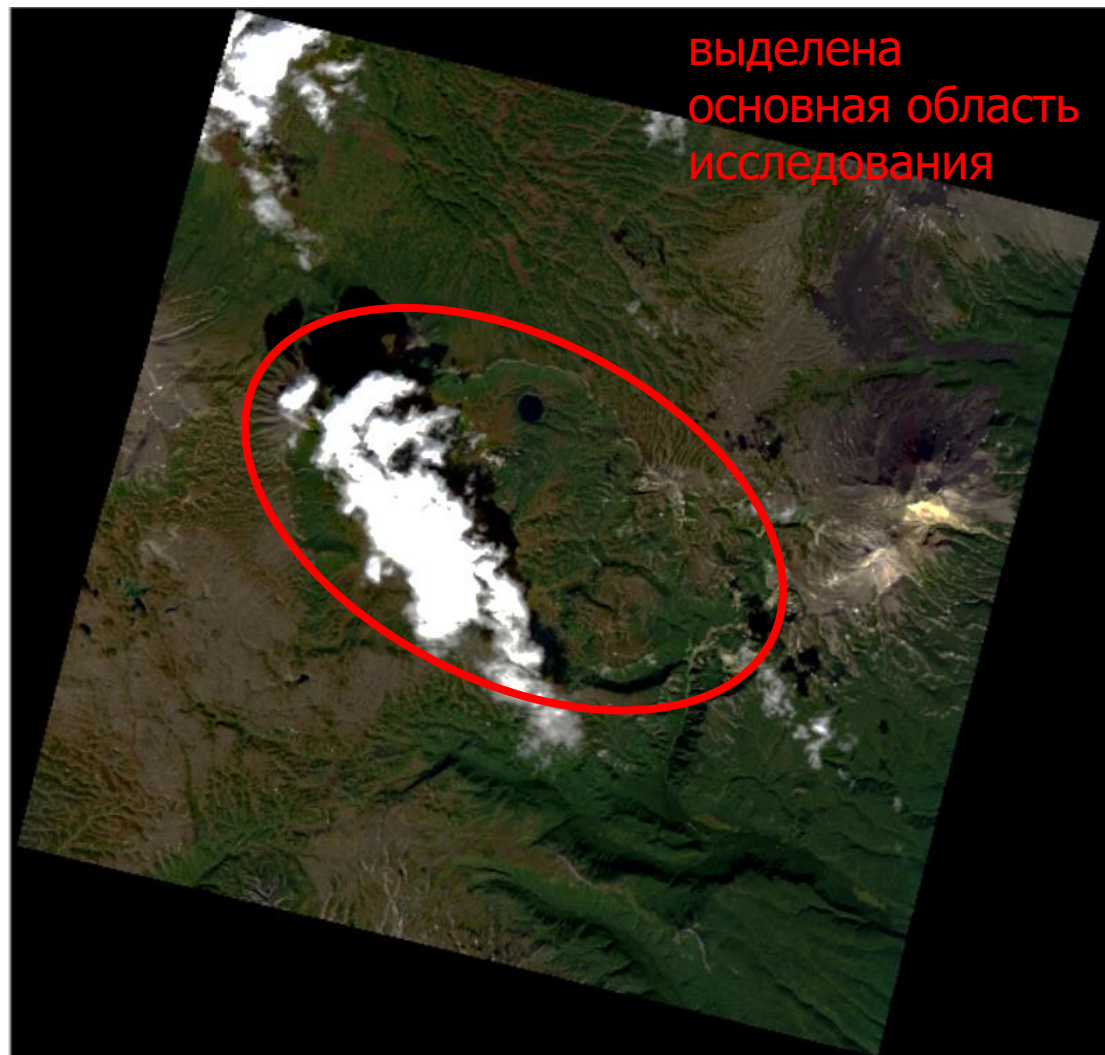
The interface also includes a menu bar (File, Edit, View, Analysis, Layer, Vector, Raster, Optical, Tools, Window, Help), a toolbar with various processing tools, and a search bar (Search (Ctrl+I)).

Тестовая территория 1  
Узон-Гейзерная вулканотектоническая депрессия  
(УГВТД)

PRISMA PRS\_L2D\_STD, 11.09.2023

*Свойства территории:*

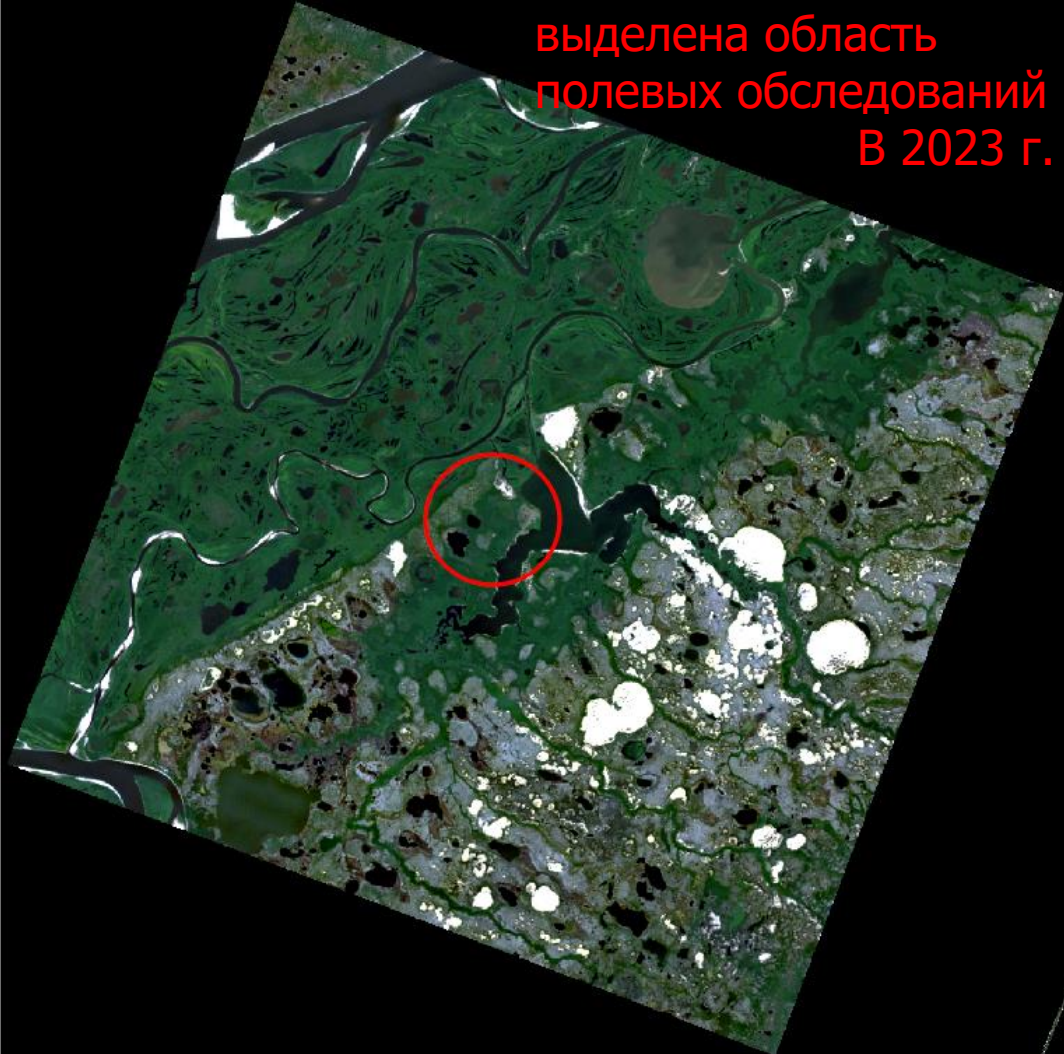
- Вулканический очаг под депрессией определил активные гидротермальные процессы;
- Выходы газогидротерм прогревают и увлажняют породы и активизируют склоновые процессы;
- Территория под снегом 9/12 месяцев, осадки около 2000 мм/год;
- Растительность представлена высокотравьем и парковыми березовыми лесами (до 700 м), стланиковыми формами (до 900 м) и горными тундрами



Узон-Гейзерная ВТД, RGB 655-567-453 нм 19



выделена область  
полевых обследований  
В 2023 г.



## Тестовая территория 2 Музей-заповедник «Пустозерск»

PRISMA PRS\_L2D\_STD 02.07.2021

*Свойства территории:*

Территория сильно обводнена и сочетает тундровые, пойменные и переходные ландшафты;

Территория под снегом 9 из 12 месяцев, крайне часто стоит пасмурная погода, обуславливающая недостаток данных ДЗЗ;

Растительность разнообразна: болота, ивняки, различные березняки по склонам, тундровые сообщества. Также есть золотые формы рельефа, почти свободные от растительности — яреи.

Низовья Печоры, RGB 655-567-455 нм



# Узон-гейзерная вулcano-тектоническая депрессия

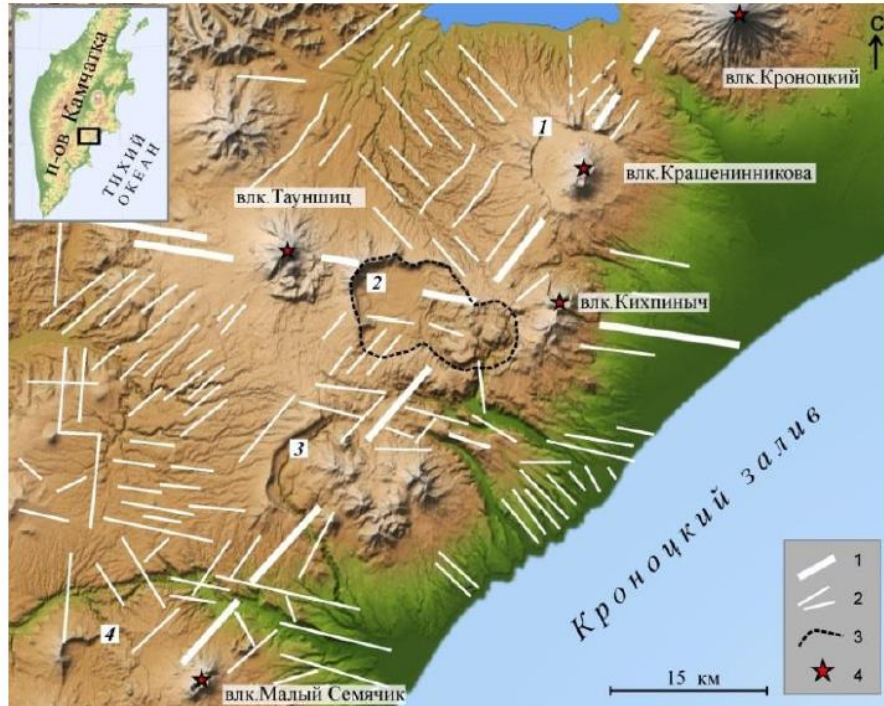
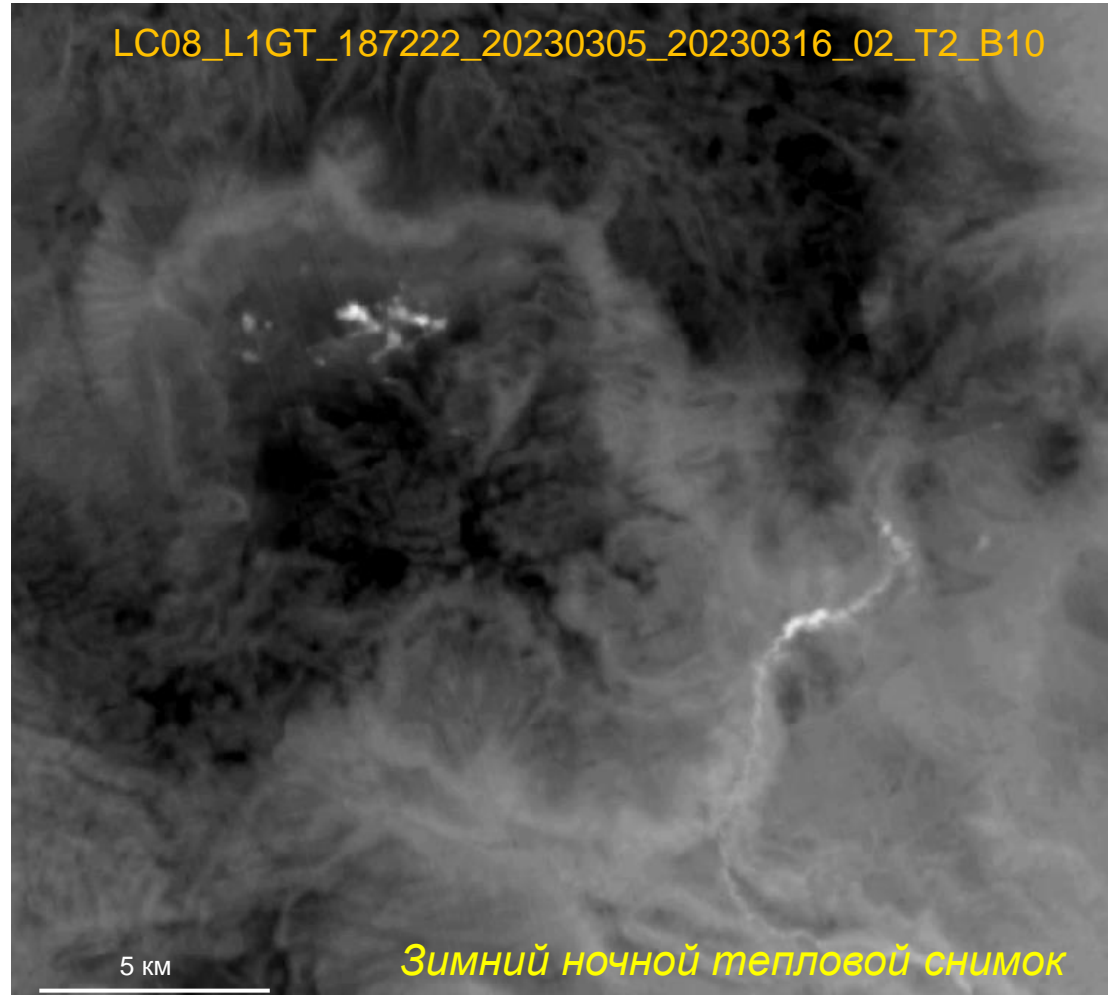
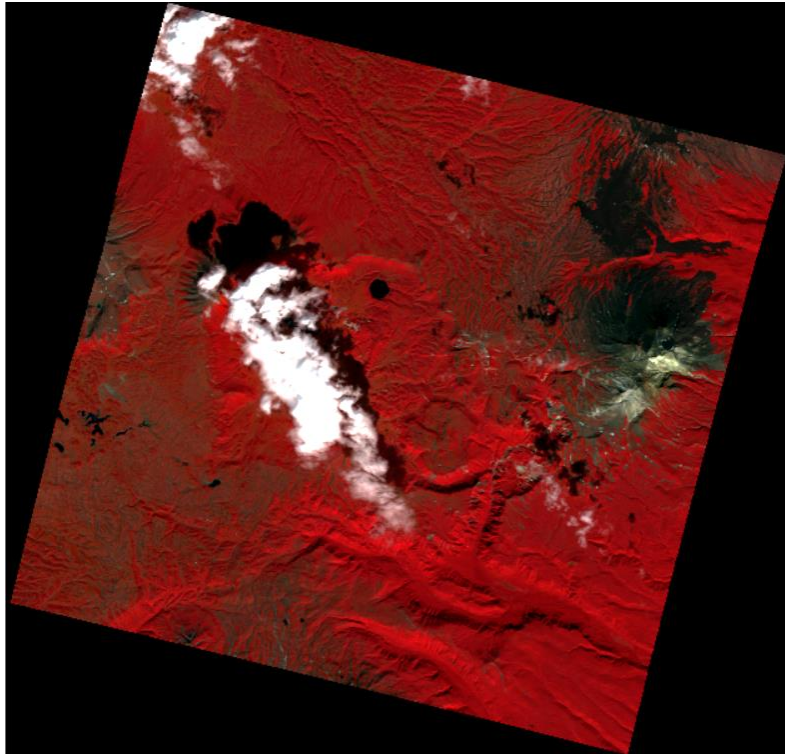


Схема вулканических объектов и разрывных нарушений центральной части Восточно-Камчатского вулканического пояса (2 - Узон-гейзерная вулcano-тектоническая депрессия) Ю. А. Кугаенко и др. ФИЗИКА ЗЕМЛИ, 2015, № 3, с. 89–101



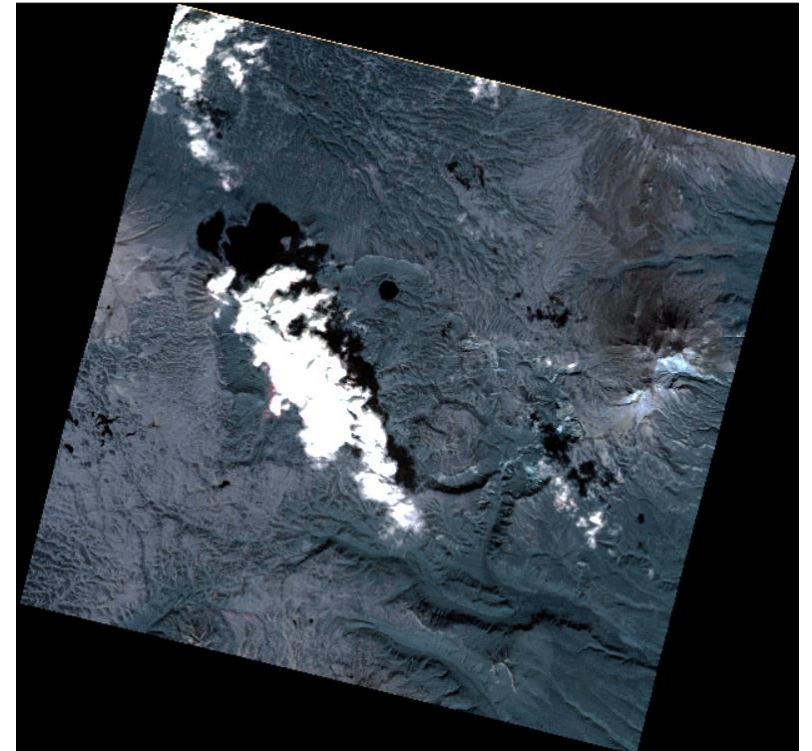
# Узон-гейзерная вулкано-тектоническая депрессия



PRISMA  
11.09.2023

**VNIR (нм)**  
R=859.9  
G=655.4  
B=527.3

**SWIR (нм)**  
R=2386.1  
G=2313.2  
B=2135.5

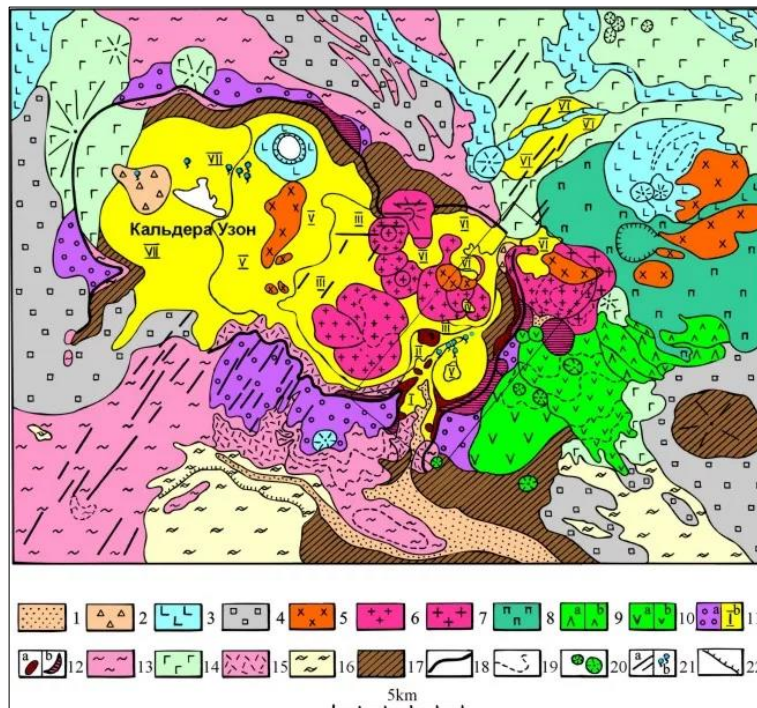


Маскирование облачности на наиболее активном гидротермальном участке и обрезка снимка по территории УГВТД были необходимы для устранения вероятности погрешностей в расчетах

# Узон-гейзерная вулкано-тектоническая депрессия

Геологическая карта использовалась для первичного исследования территории на предмет пород, которые могут быть здесь встречены

В результате анализа было определено, что все породы на полигоне имеют вулканогенное происхождение



Схематическая геологическая карта района УГВТД.

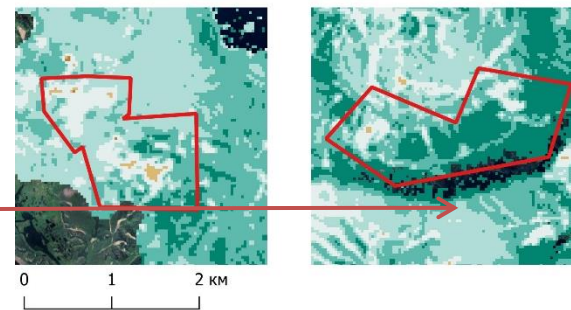
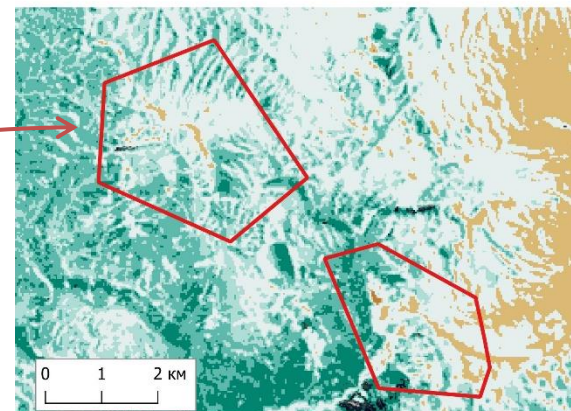
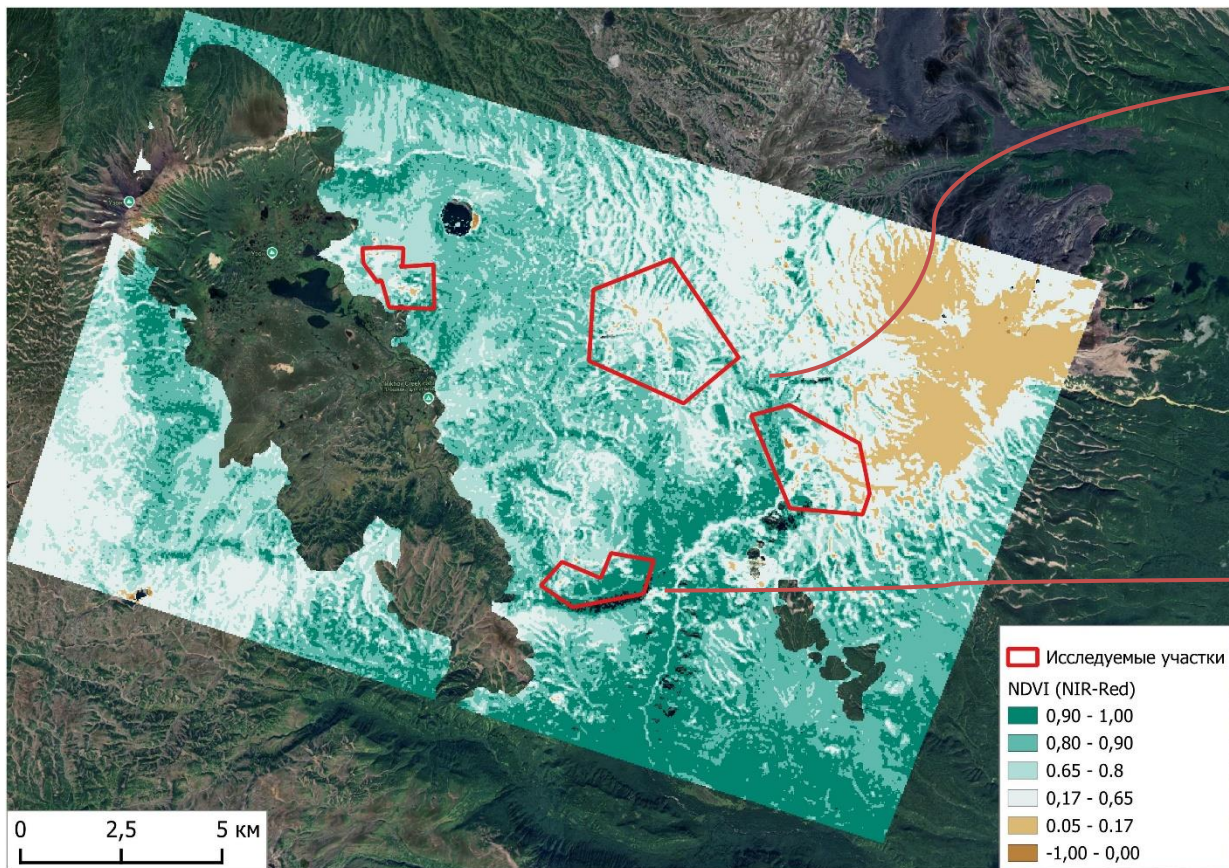
Источник:

<http://www.kscnet.ru/ivs/monograph/monleon/uchzg3.htm>



## Индексные изображения

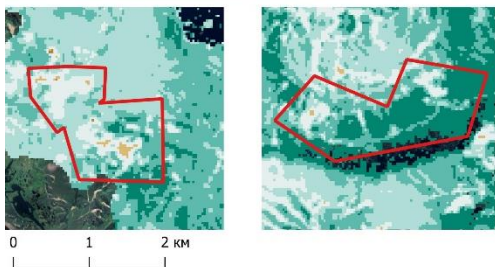
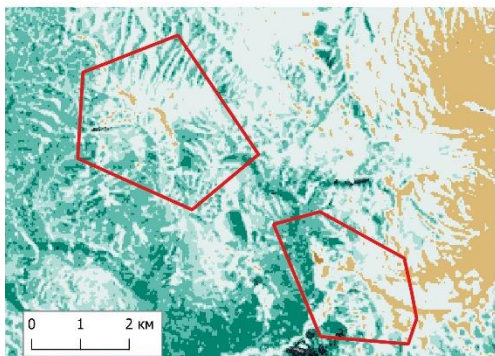
PRISMA от 11.09.2023



NDVI (NIR/Red), рассчитанный по снимку PRISMA от 11.09.2023

## Кривые спектральной яркости

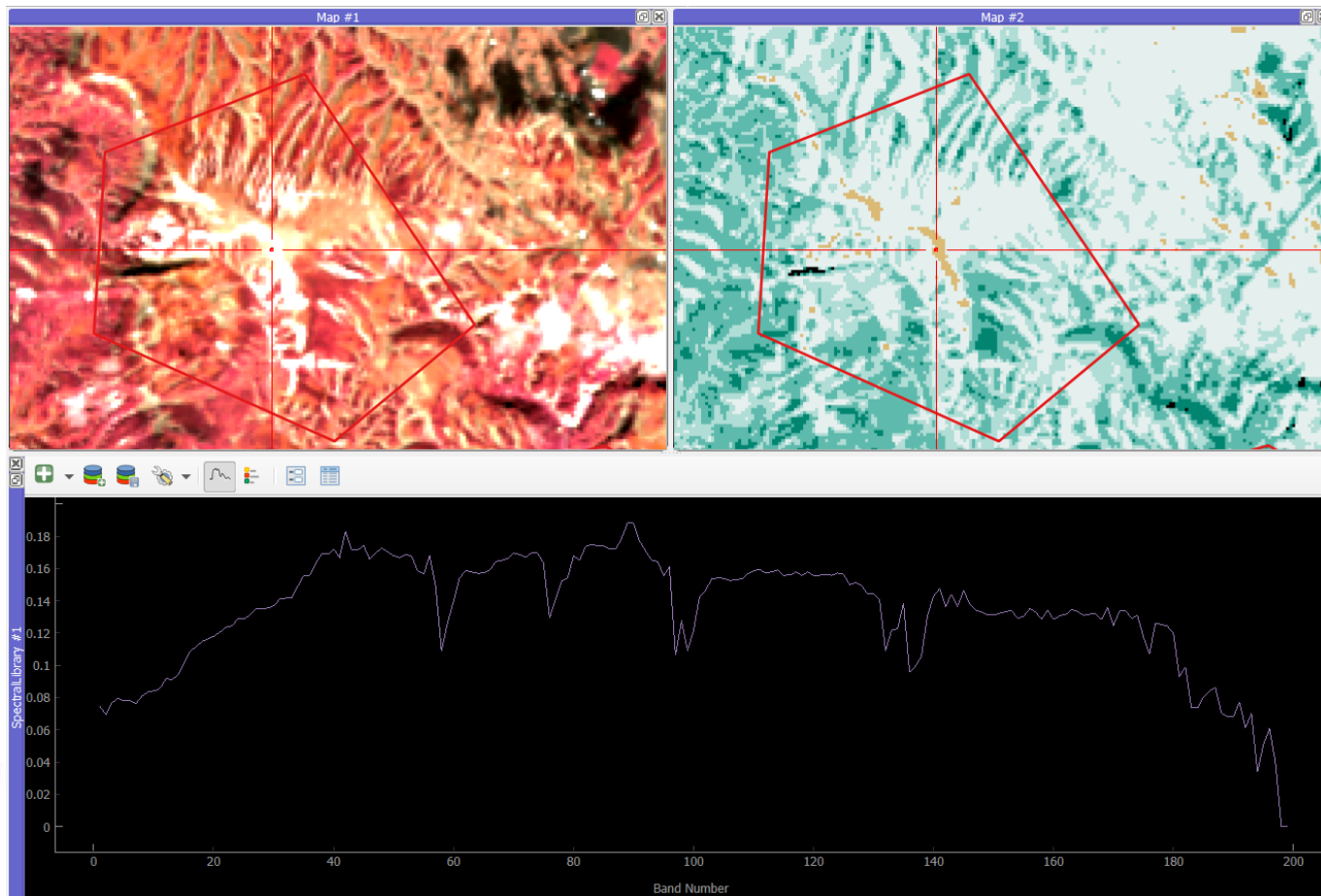
PRISMA от 11.09.2023



Исследуемые участки

NDVI (NIR-Red)

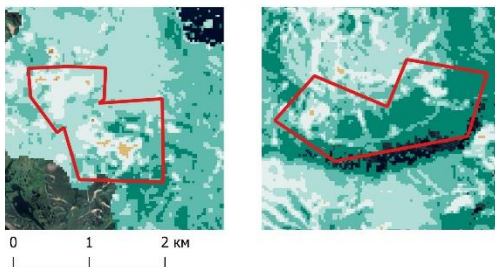
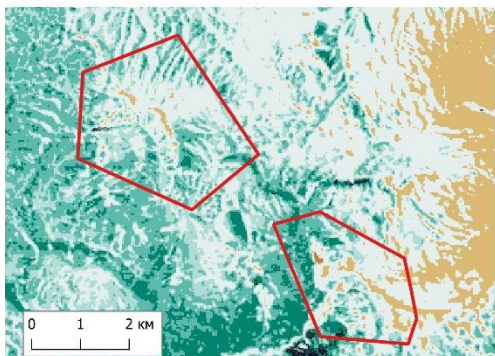
- 0,90 - 1,00 (стланиковые формы)
- 0,80 - 0,90 (лесная растительность, не сомкнутая)
- 0,65 - 0,8 (высокотравная растительность)
- 0,17 - 0,65 (разреженная растительность)
- 0,05 - 0,17 (обнажения горных пород)
- 1,00 - 0,00





## Кривые спектральной яркости

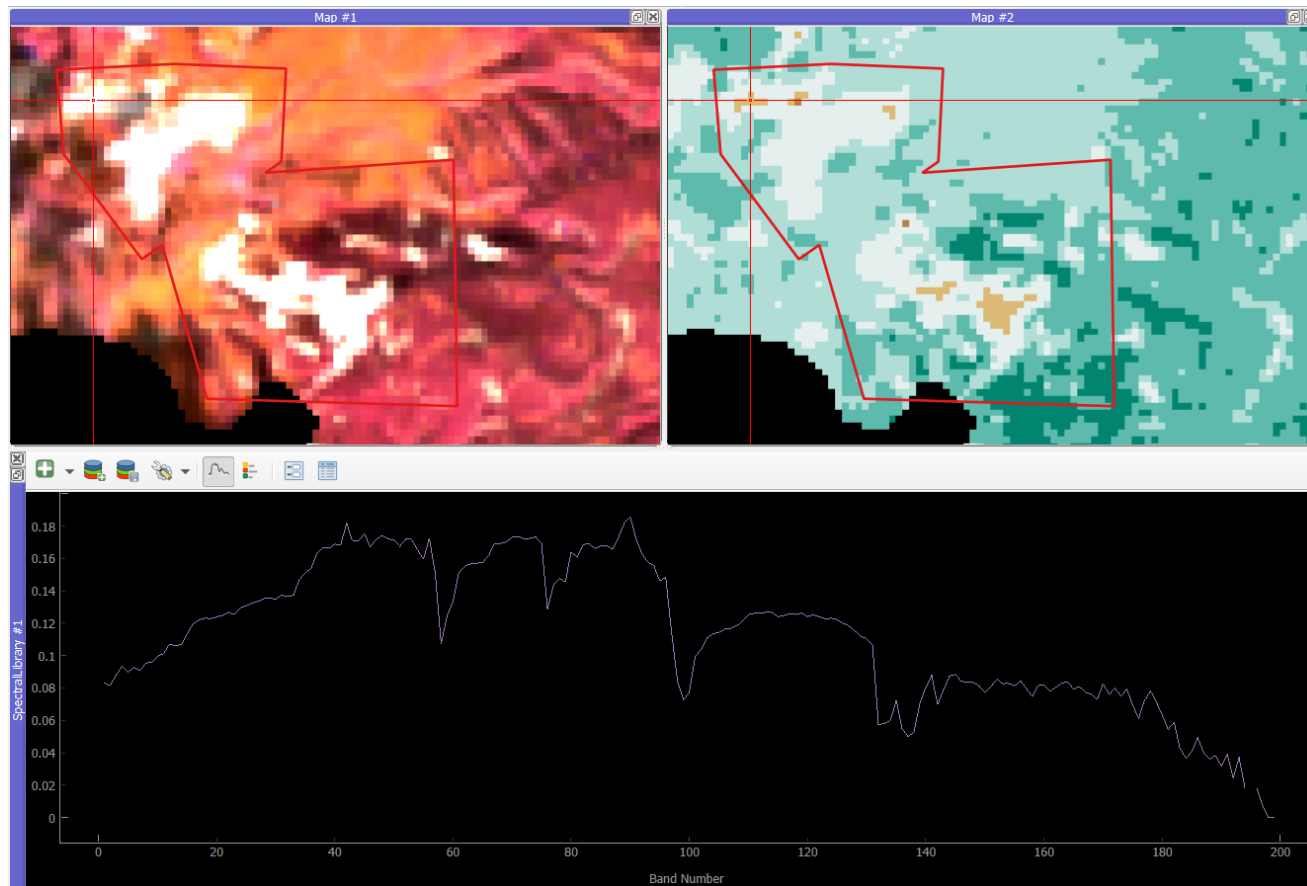
PRISMA от 11.09.2023

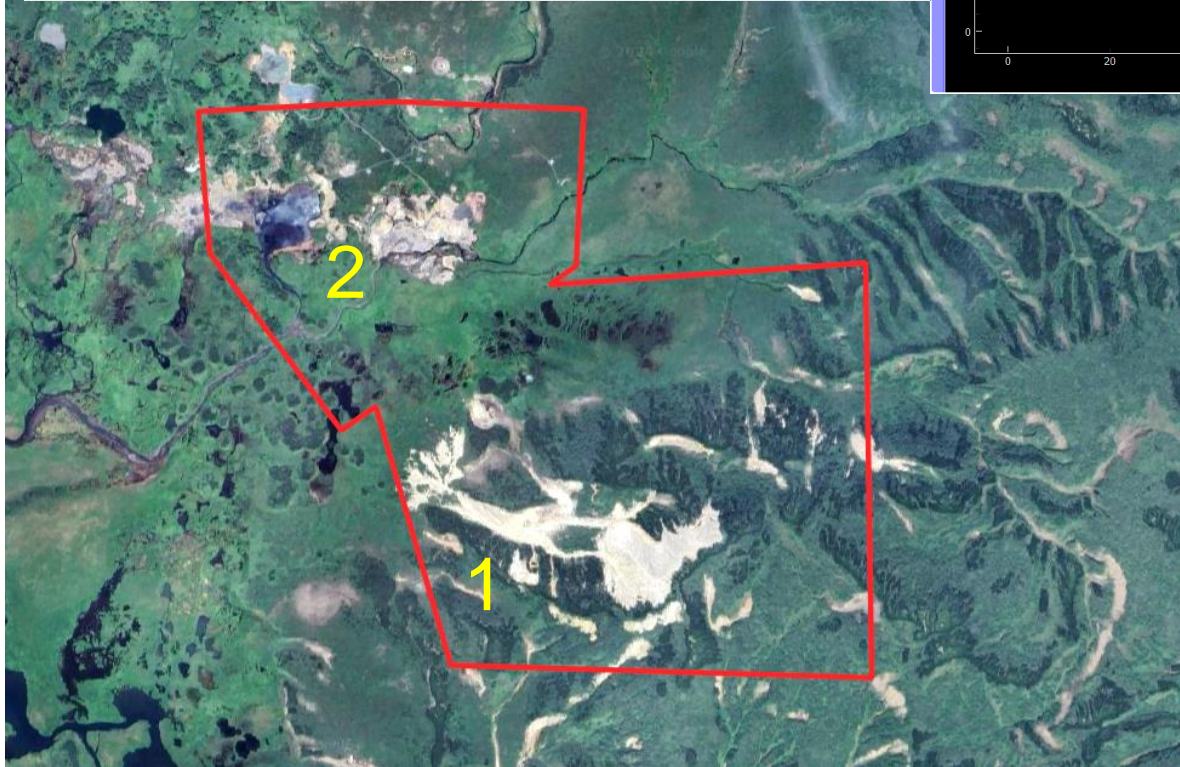
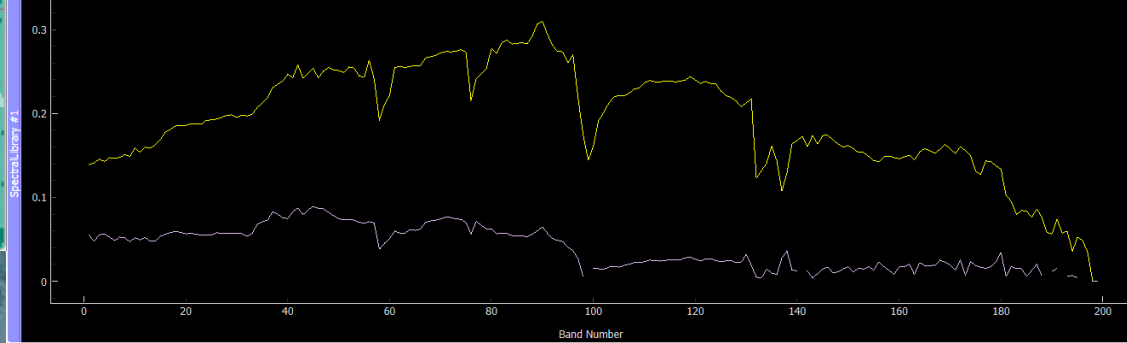
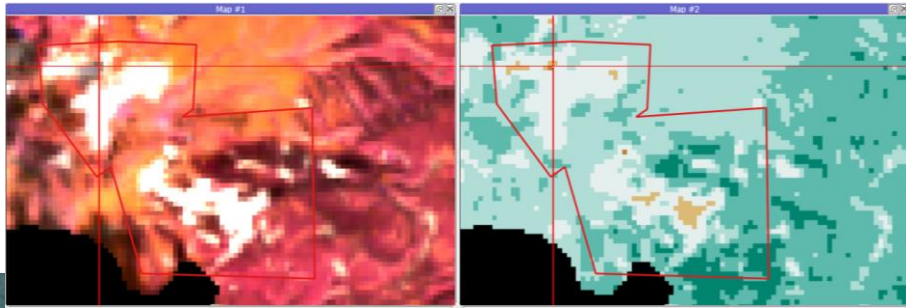


Исследуемые участки

NDVI (NIR-Red)

- 0,90 - 1,00 (стланиковые формы)
- 0,80 - 0,90 (лесная растительность, не сомкнутая)
- 0,65 - 0,8 (высокотравная растительность)
- 0,17 - 0,65 (разреженная растительность)
- 0,05 - 0,17 (обнажения горных пород)
- 1,00 - 0,00

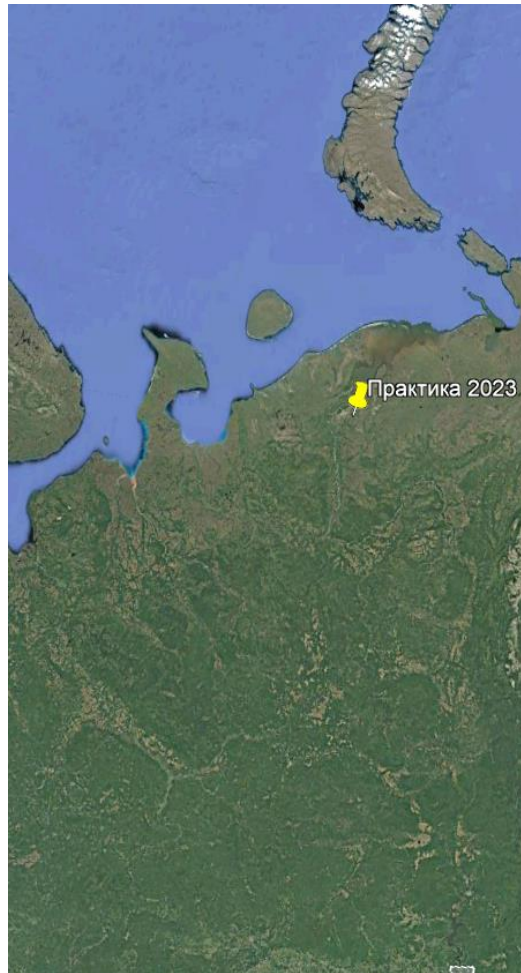




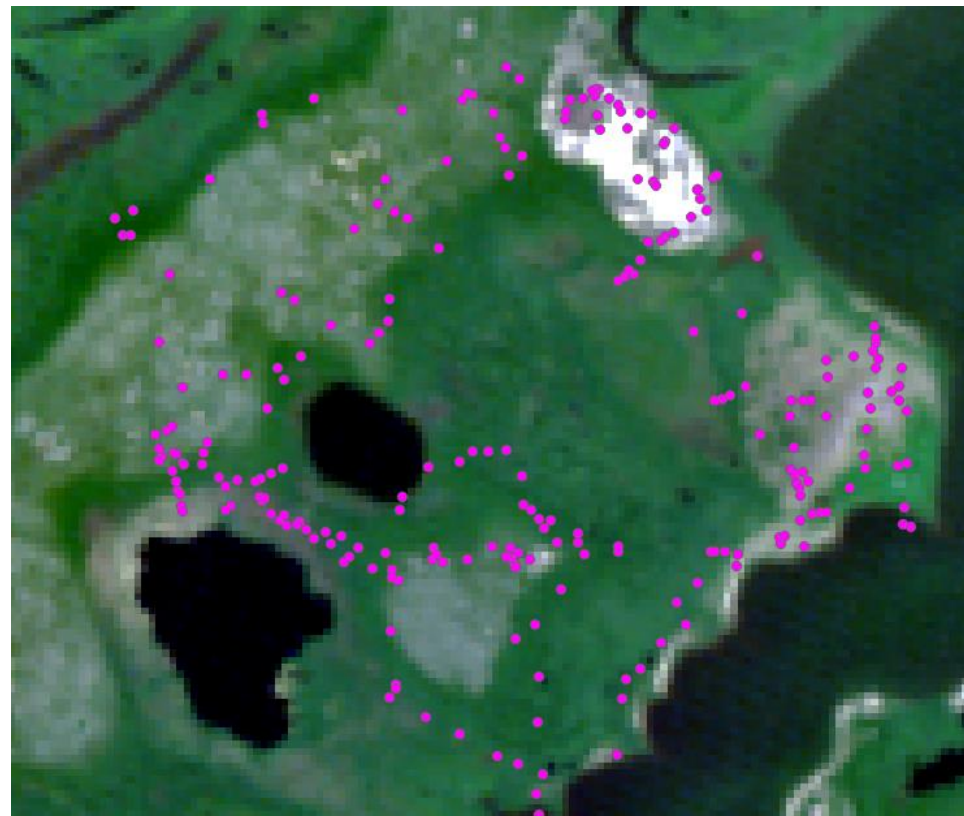
Слева представлено изображение Google Earth, на котором отчетливо выделяются два участка открытых пород:

- 1 – выходы озерных туфов
- 2 – гидротермально измененные породы





Участок полевой учебной практики по тематическому дешифрированию студентов 2 курса - Музей-заповедник «Пустозерск»



Точки описания растительных сообществ<sup>28</sup>



# Данные полевых наблюдений

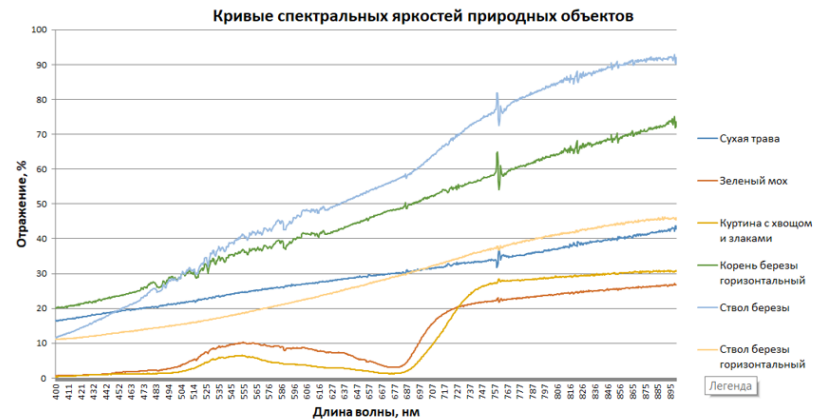
## Пример описания точки наблюдения



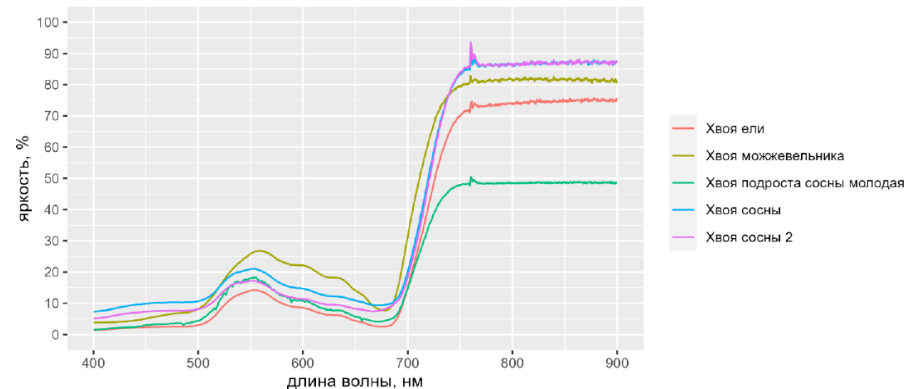
Дата и номер описания	1.12.250		
Координаты	566391.6 7494270.3		
Название ассоциации	ивняк с редкой березой		
Фото			
Положение в рельефе	<u>Мезо</u>	<u>Микро</u>	<u>Нано</u>
	флювиогляциальная равнина	бровка склона р. Гнилка	субгоризонтальная поверхность
Хозяйственное использование	Территория заповедника		
Степень <u>нарушенности</u>	Менее 1%		
Проективное покрытие	70%		
Описание флористического состава	ива, береза, осока (редко), хвощ (редко), герань (единично)		
Подлесок			
Подрост			
Особые отметки	береза (5-6 м, 10 см)		

Основой исследования для низовьев Печоры являлись полевые данные, полученные в ходе студенческой практики в 2023 году: маршруты и описания точек, результаты полевого спектрометрирования и др.

# Полевое спектрометрирование растительности (гиперспектрометр MayaPro 2000) Примеры спектральных графиков



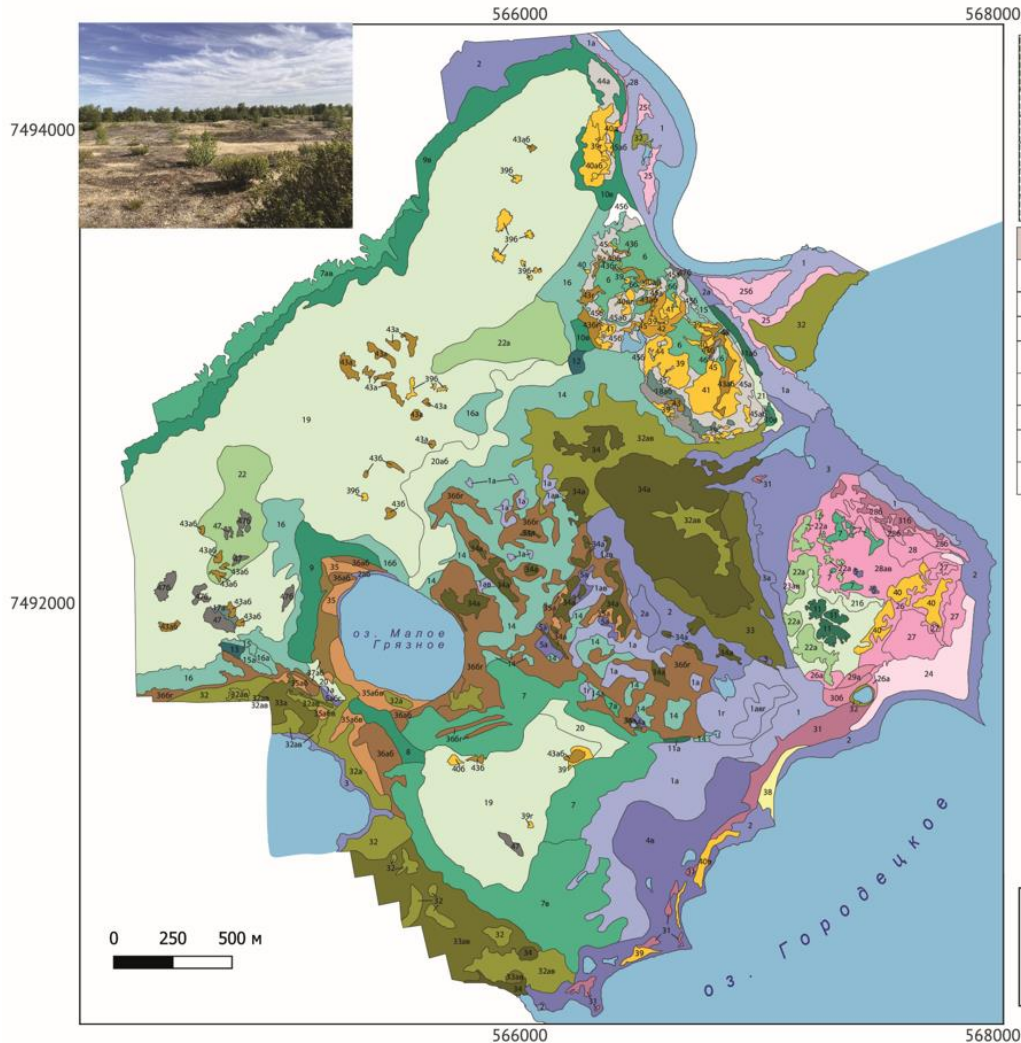
Графики спектральной яркости: Хвоя  
Бригада 1, подбригада 2. Дата съемки: 14.07.2023





# Результат полевых работ

## РАСТИТЕЛЬНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «ПУСТОЗЕРСК»



Название ассоциации/включаемые породы		береза	ольховник	можжевельник	ерик	Название ассоциации/включаемые породы		мох	ива	можжевельник
ивник	1	1a	-	1b	1r	злаковый луг	23	23a	-	23a
ивник осиновый	2	2a	2b	-	-	Осиновый луг	24	-	-	-
Ивник хвощо-осоковый	3	3a	-	-	-	хвощо-злаковый луг	25	-	25b	-
ивник зеленомошный	4	4a	-	4b	-	разнотравно-злаковый луг	26	26a	-	-
ивник осиново-зеленомошный	5	5a	5b	-	5r	разнотравно-красноосиный луг	27	-	-	-
						подмаренниково-красноосиный луг	28	28a	28b	28a
						красноосиново-разнотравный луг	29	29a	-	-
						красноосиново-подмаренниковый луг	30	-	30b	-
						разнотравный луг	31	-	31b	-

Название ассоциации/включаемые породы		ива	ольховник	можжевельник	ерик	Название ассоциации/включаемые породы		ива	ерик	ольховник	можжевельник
формирующийся березняк	6	-	6b	-	-	Низинное болото осиново-лишайниковое	32	32a	-	32a	-
березняк разнотравный	7	7a	-	7b	-	низинное болото хвощо-осиновое	33	33a	-	33a	-
березняк с морской зеленомошной	8	-	-	-	-	низинное болото осиново-зеленомошное	34	34a	-	-	-
березняк с голубиной зеленомошной	9	-	-	9a	-	переходное болото осиново-зеленомошное	35	35a	35b	-	35c
березняк с синицей и голубиной зеленомошной	10	-	-	10a	-	переходное болото с голубиной зеленомошной	-	36a	36b	-	36c
березняк разнотравно-зеленомошный	11	11a	11b	11c	-	переходное болото с голубиной и синицей зеленомошное	-	37a	37b	-	-
Елаво-березовый лес с синицей лишайниково-зеленомошной	12	-	-	-	-						
Елаво-березовый лес с синицей лишайниково-толокнянковый	13	-	-	-	-						

Название ассоциации/включаемые породы		можжевельник	ель	Название ассоциации/включаемые породы		мох	лишайник	ива	береза	можжевельник
березовое мелколиственное с голубиной зеленомошной	14	14a	-	прибрежные леса с субальпийскими островами осики	38	-	-	-	-	-
березовое мелколиственное с синицей зеленомошное	15	15a	15b	леса	39	-	39b	-	39c	-
березовое мелколиственное с голубиной и синицей зеленомошное	16	16a	16b	леса, характеризующие разнотравья	40	40a	40b	40c	40d	40e
березовое мелколиственное с синицей мятликово-красное	17	17a	-	леса с редкими включенными осиками голубой и осиками красной	41	-	-	-	-	-
березовое мелколиственное зеленомошно-мятликово-красное	18	18a	18b	леса с красной осинкой	42	-	-	-	-	-
				леса с петлями шихи	43	43a	43b	-	43c	-

Название ассоциации/включаемые породы		ель	можжевельник	Название ассоциации/включаемые породы		можжевельник	береза	ива
березовое редколесье с голубиной и синицей зеленомошное	19	19a	-	мелколиственно-разнотравно-лишайниковая тундра	44	44a	-	-
березовое редколесье с голубиной	20	-	-	лишайниковая тундра с синицей	45	45a	45b	45c
березовое редколесье с синицей разнотравно-зеленомошное	21	-	-	лишайниково-зеленомошная тундра	46	46a	46b	-
березовое редколесье зеленомошное	22	-	22b	красноосиново-лишайниково-зеленомошная тундра	47	-	47b	-
				чоловиново-зеленомошная тундра с петлями лишайника и синицы	48	-	-	-

Выполнила бригада №1:  
 Боголюбов Матвей  
 Васильев Петр  
 Вильвач Ванда  
 Карташов Георгий  
 Кондратьева Ирина  
 Новичихин Иван

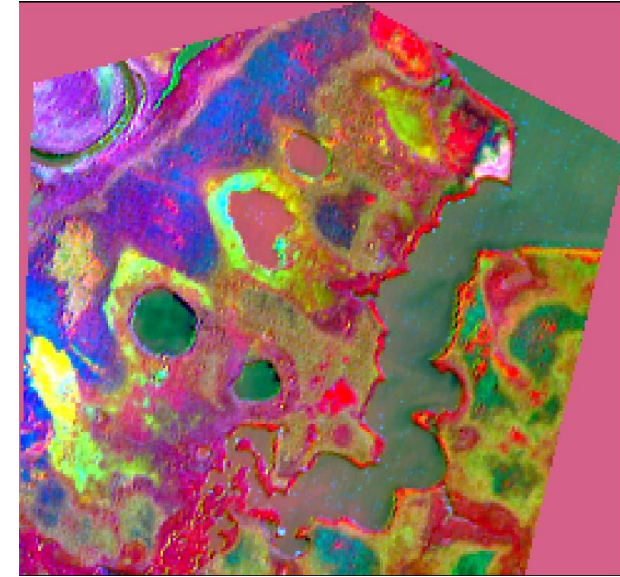
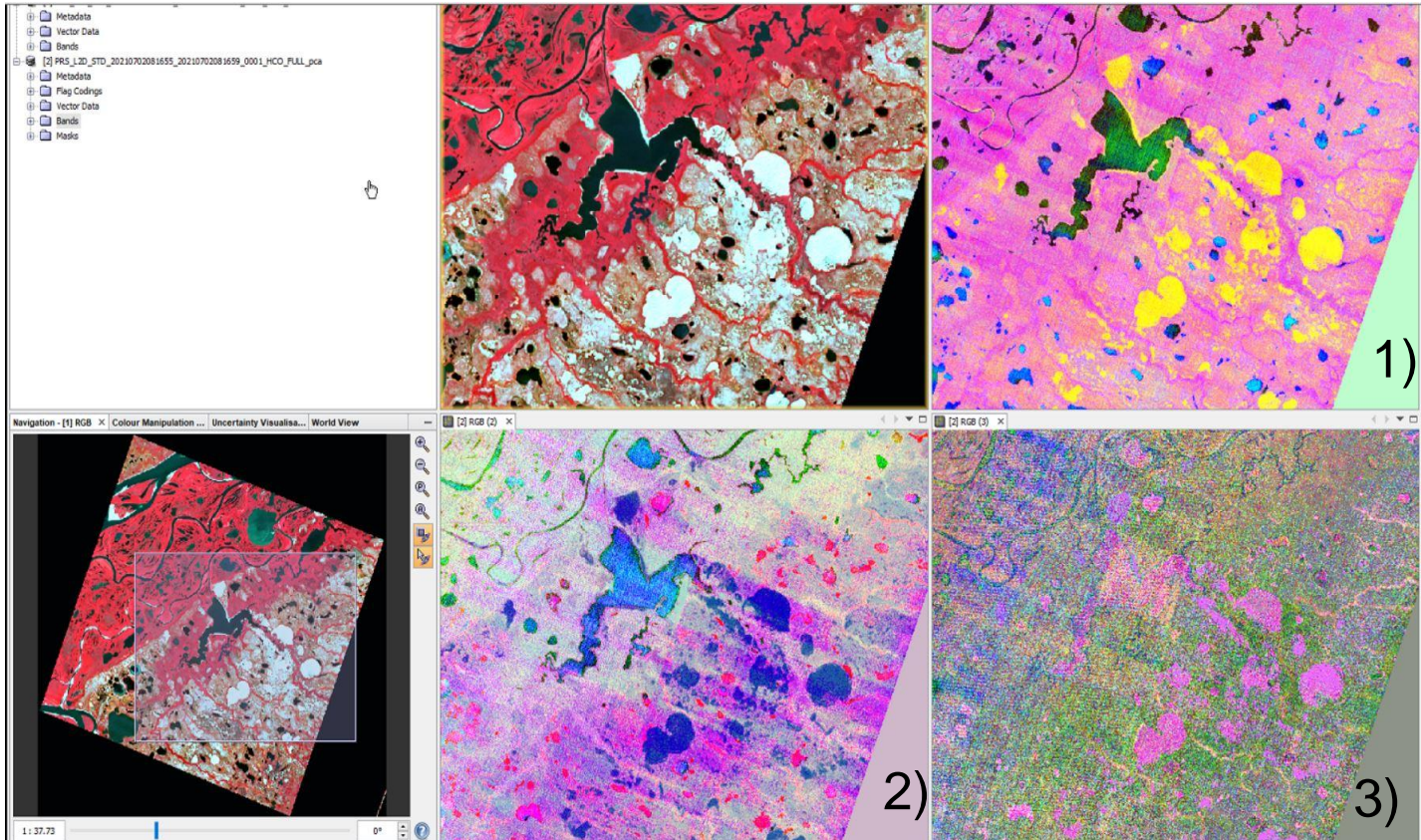
Практика полевому дешифрированию и тематическому картографированию студентов 2 курса кафедры картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Проверили: Алексенко Н.А., Балдина Е.А., Илюшина П.Г.

Период проведения съемки: 07.07.2023 - 15.07.2023  
 Дата публикации: 25.07.2023



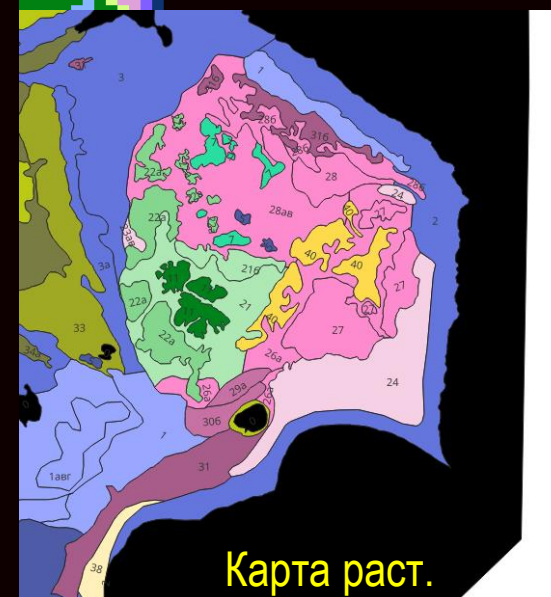
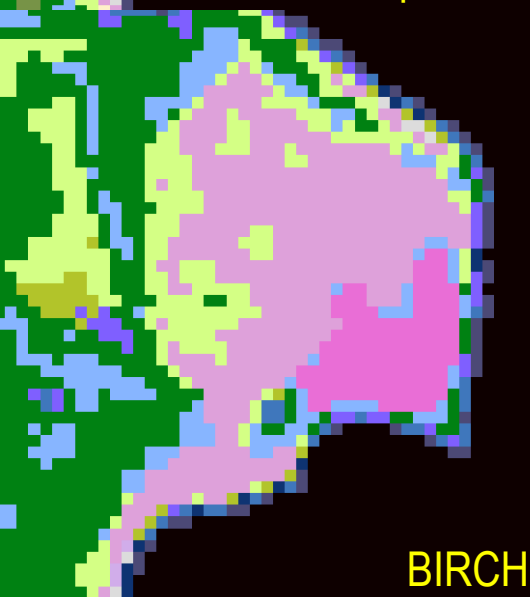
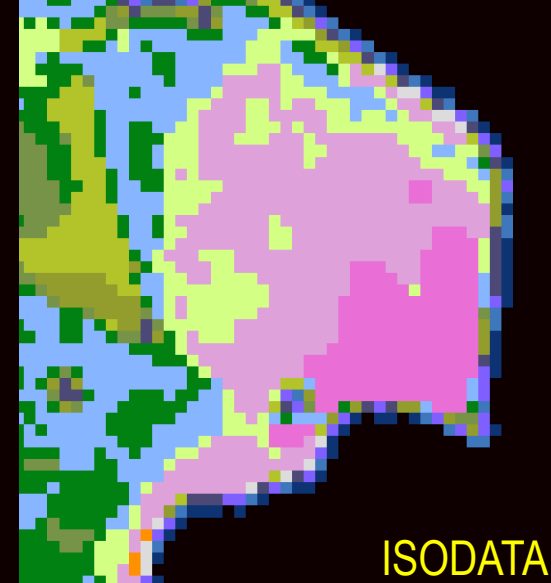
# Предобработка снимка - метод главных компонент – цветовой синтез


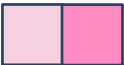






Метод главных компонент,  
синтез: 4-5-6 компоненты

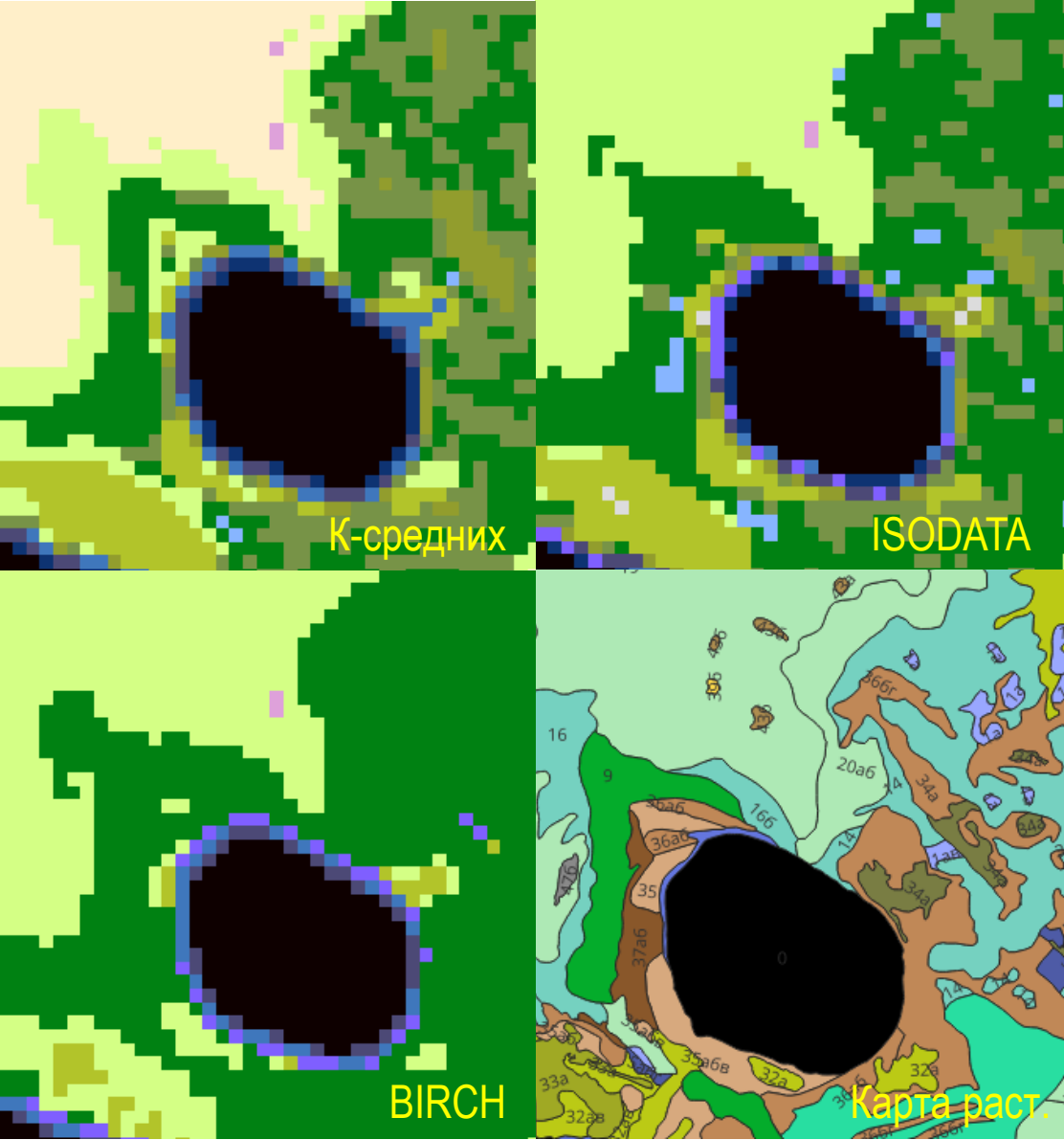
RGB – синтез главных компонент: 1)1-2-3, 3: 2)3-4-5, 3) 10-11-12

# Применение методов кластеризации, сравнение результатов с картой растительных сообществ



-  Ивняк (чистый, осоковый)
-  Луга (осоковый, злаковый, красноовсяницевый, разнотравный)
-  Березовое редколесье (с голубикой, с елью)
-  Березняк (разнотравный, разнотравно-зеленомошный)
-  Низинное болото (хвощово-осоковое, осоково-зеленомошное)
-  Пески (прибрежные с редкой осокой, с разнотравьем)

# Применение методов кластеризации, сравнение результатов с картой растительных сообществ



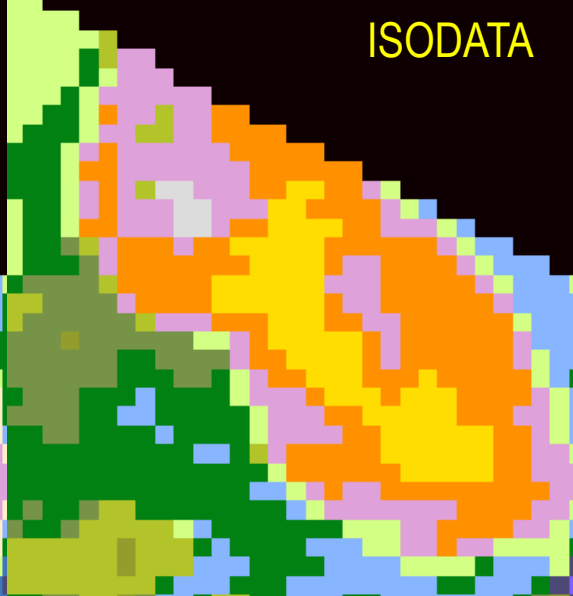
-  Ивняк (чистый, зеленомошный)
-  Березовое редколесье (с голубикой)
-  Березняк (разнотравный, с голубикой зеленомошный)
-  Низинное болото (осоковое, хвощово-осоковое, осоково-зеленомошное)
-  Переходное болото (осоково-зеленомошное, с ивой и ерником, с голубикой и шикшей)
-  Березовое мелколесье с голубикой зеленомошное



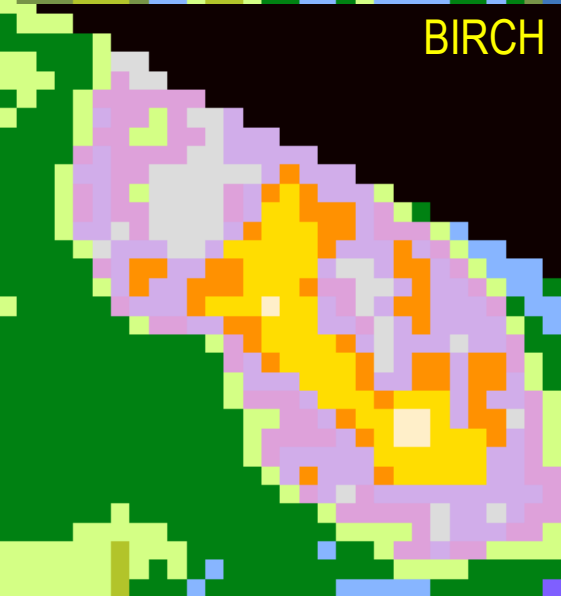
К-средних



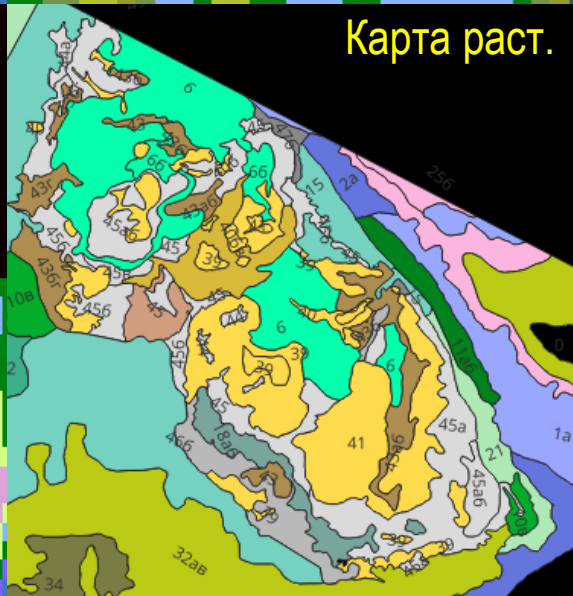
ISODATA



BIRCH



Карта раст.



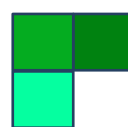
Применение методов кластеризации, сравнение результатов с картой растительных сообществ



Ивняк (чистый, зеленомошный)



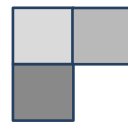
Березовое редколесье (с шикшей зеленомошное)



Березняк (с голубикой зеленомошный, разнотравно-зеленомошный, формирующийся)



Низинное болото (осоковое, осоково-зеленомошное)



Тундра (лишайниковая, лишайниково-зеленомошная, зеленомошная)

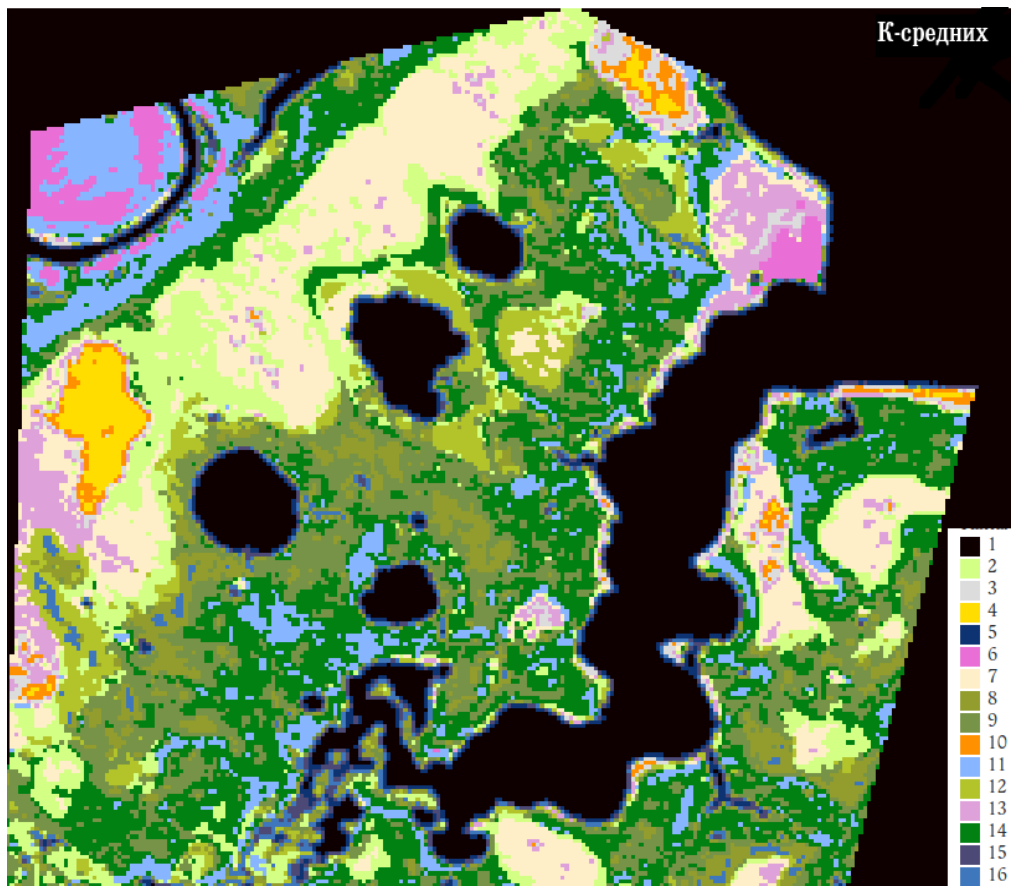


Березовое мелколесье (с голубикой зеленомошное, с шикшей мертвопокровное)



Пески (с разнотравьем, с красной овсяницей, с пятнами шикши)

# Сопоставление кластеризаций разными методами с картой растительности



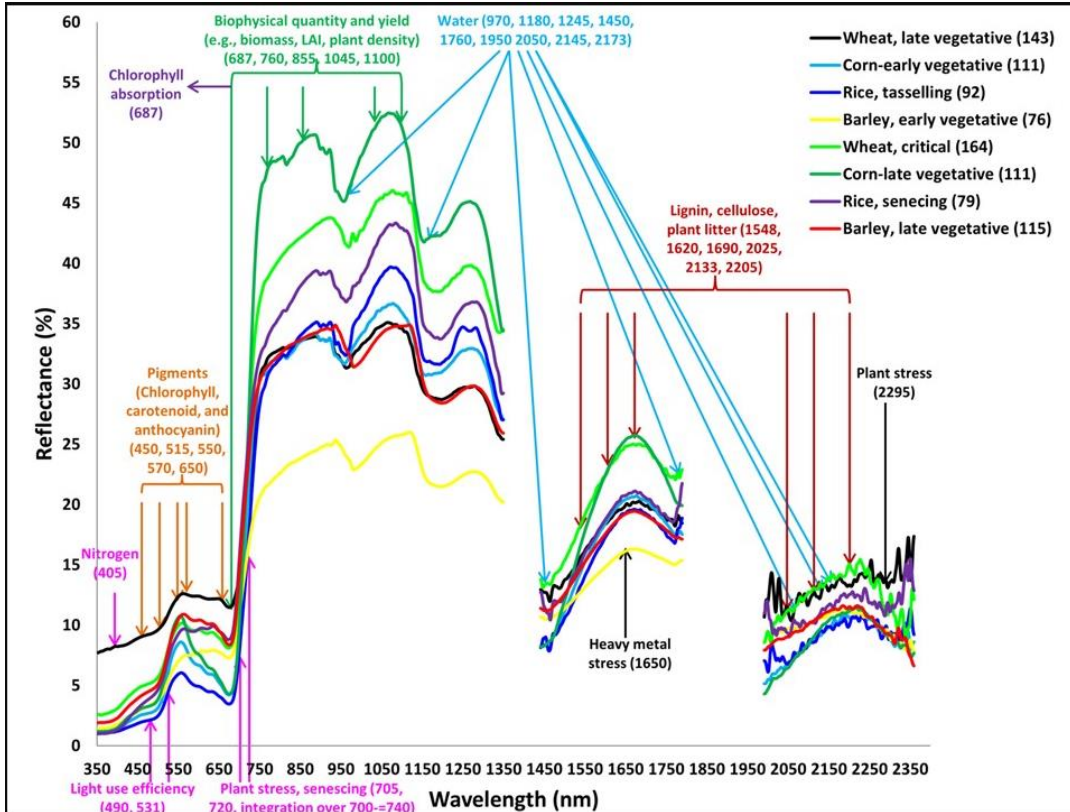
*Кластеризация проводилась по 202 каналам*



При выделении 16 кластеров разными методами хорошо разделяются мелколесное редколесье с лишайниками, песчаные выдувы, ивняки на болотах, луга.



# Гиперспектральные индексы для оценки состояния растительного покрова



*MCARI2*

$$= \frac{1,5(2,5(R800 - R670) - 1,3(R800 - R550))}{\sqrt{(2R800 + 1)^2 - 6(R800 - 5\sqrt{R670}) - 0,5}}$$

*MTVI2*

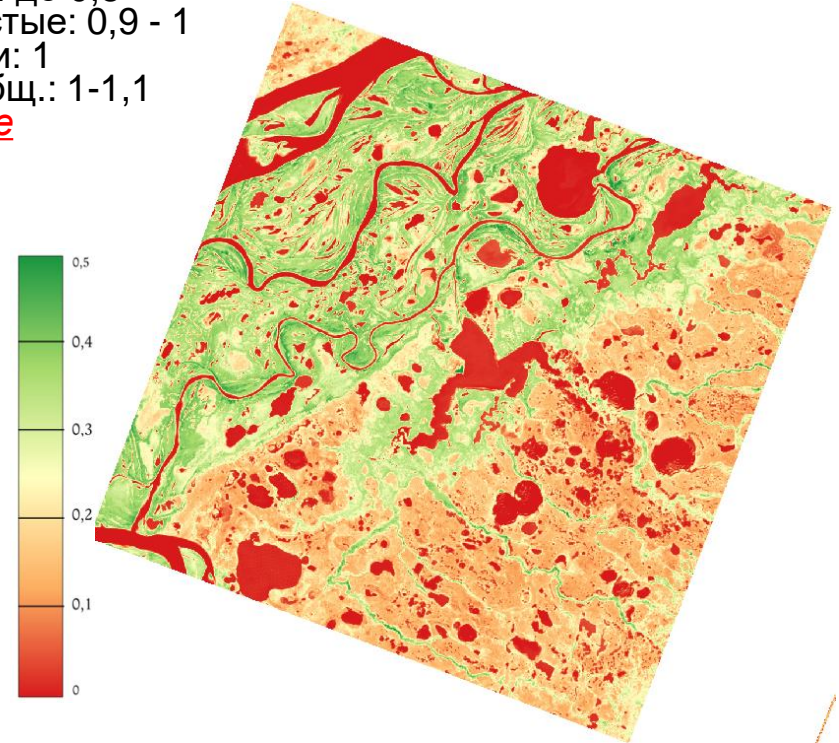
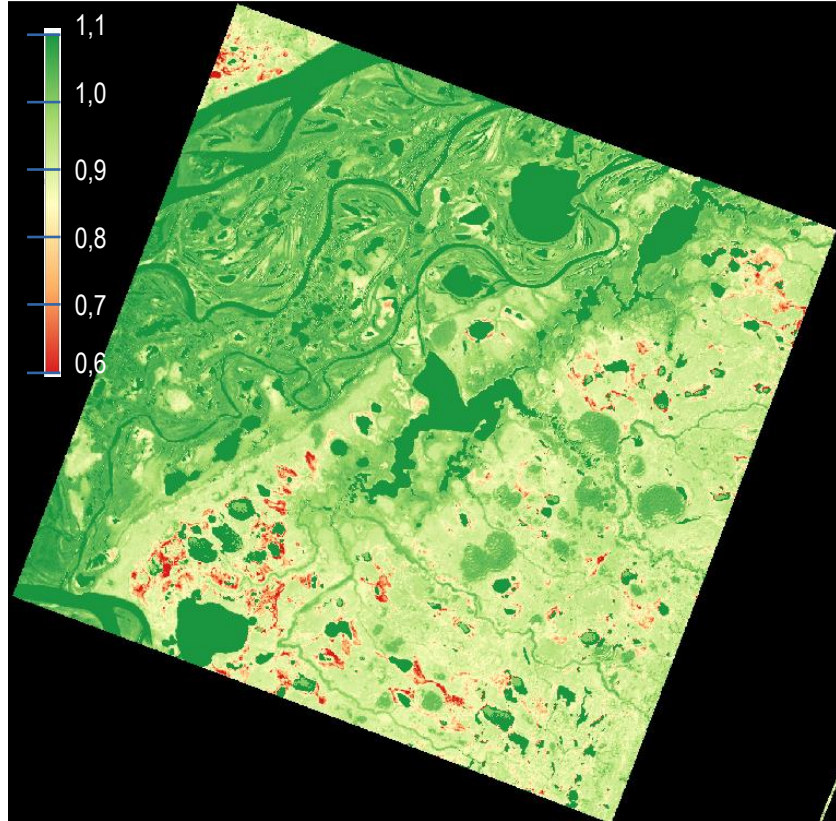
$$= \frac{1,5(1,2(R800 - R500) - 2,5(R670 - R550))}{\sqrt{(2R800 + 1)^2 - 6(R800 - 5\sqrt{R670}) - 0,5}}$$

# Индексные изображения для оценки состояния растительного покрова

Суммарное содержание хлорофилла  $R750$

GM2 (Гительсона-Мерзляка):  $\frac{R750}{R700}$

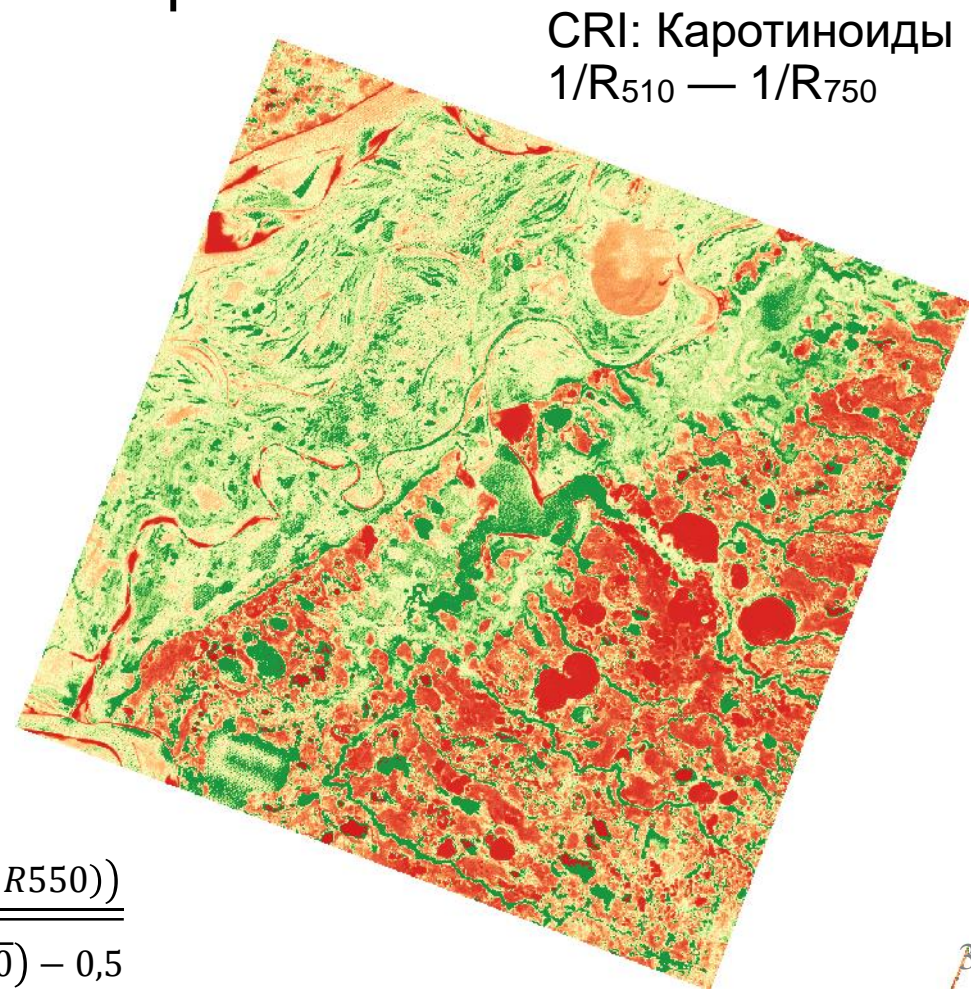
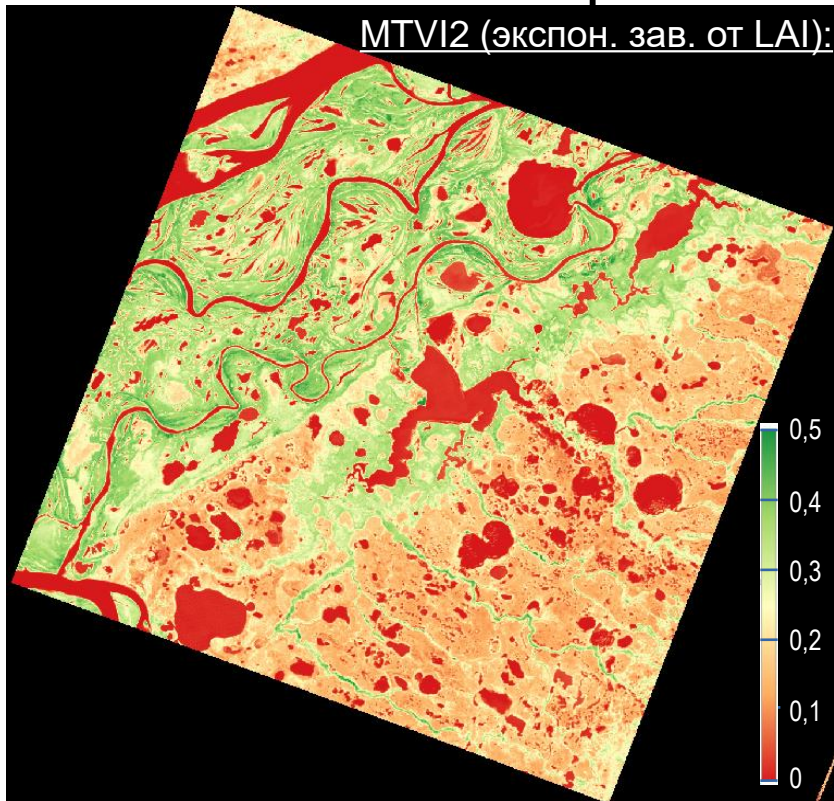
Болота моховые: до 0,8  
Болота травянистые: 0,9 - 1  
Пески, березняки: 1  
Пойменные сообщ.: 1-1,1  
Вода: 1,1 и более



MCARI: Содержание хлорофилла  
 $(R_{700}-R_{670})-0,2(R_{700}-R_{550})(R_{700}/R_{670})$



# Индексные изображения для оценки состояния растительного покрова

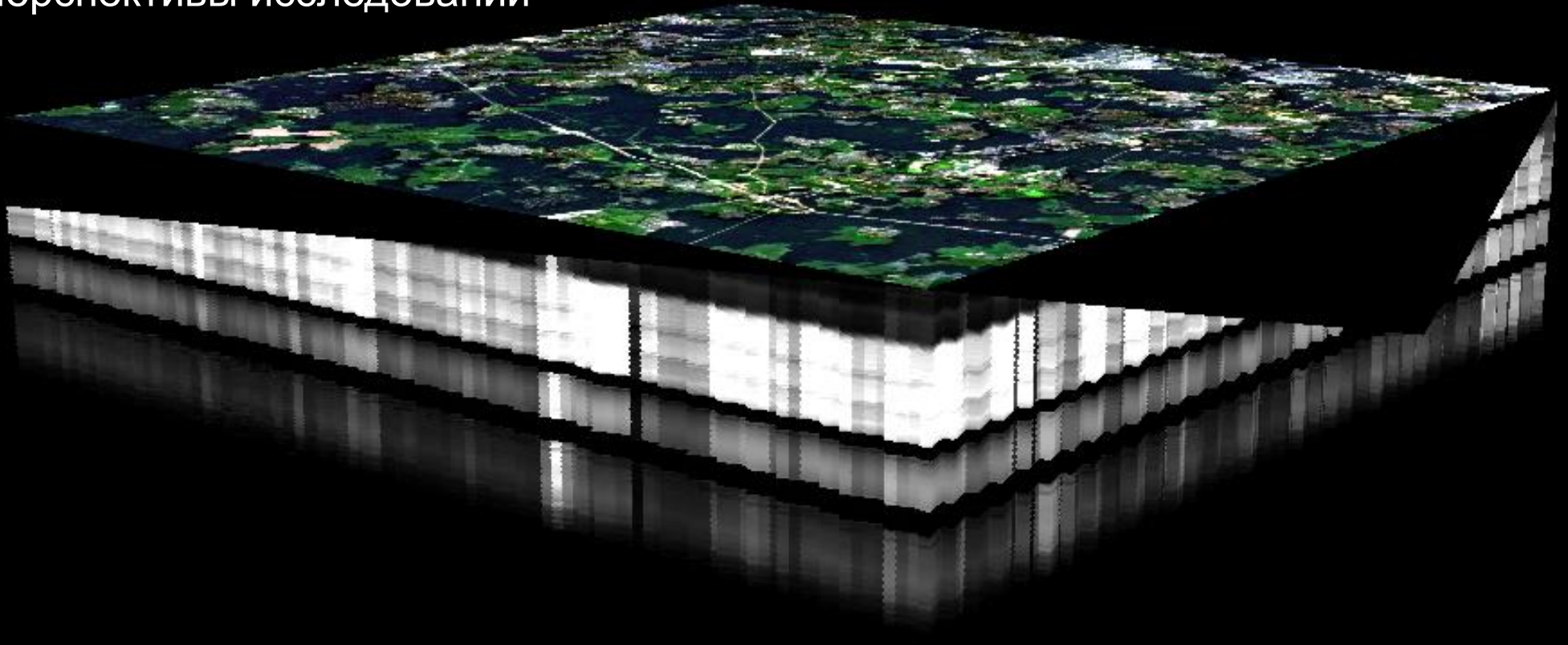


- Пески, вода: 0
- Тундры, мох. бол.: 0,1-0,2
- Осоковые болота: 0,3
- Мелколесья: 0,3
- Поймы: 0,3-0,5

$$\frac{1,5(1,2(R_{800} - R_{500}) - 2,5(R_{670} - R_{550}))}{\sqrt{(2R_{800} + 1)^2 - 6(R_{800} - 5\sqrt{R_{670}}) - 0,5}}$$



## Перспективы исследований



Куб гиперспектральных данных PRISMA. 239 каналов.

Использован снимок на юго-запад Подмосковья

# Заключение

- Существующие распространенные программные комплексы слабо приспособлены для работы с гиперспектральными снимками. Возможно, ввиду ограниченного (пока) распространения гиперспектральных данных, разработчики ПО не проверяют возможность работы на различном оборудовании.
- Ошибки и шумы данных носят ограниченно систематический характер: помимо отчетливо искаженных данных в каналах SWIR, соответствующих полосам поглощения водяного пара, присутствуют случайные скачки яркости
- Опыт обработки показал, что для успешной тематической обработки необходимо комплексирование доступных открытых программ, успех достигается сочетанием отдельных функций, каждой из программ (MultiSpec, AVHYS, EnMAP QGIS, SNAP и др.)
- Перспективный путь тематической обработки – выбор наиболее информативных бесшумных каналов, для перехода к апробированным индексным изображениям
- Анализ изображения отобранных главных компонент
- ????

# Спасибо за внимание!

## ИСТОЧНИКИ

R., Loizzo & C., Ananasso & Guarini, Rocchina & Lopinto, Ettore & L., Candela & Pisani, Anna Rita. (2016). THE PRISMA HYPERSPETRAL MISSION.

Kim M., Park S., Anderson C., Stensaas G.L. System Characterization Report on PRecursores IperSpettrale della Missione Applicativa (PRISMA) / U.S. Geological Survey Open File Report 2021-1030-K. — 2021. — 28 с. <https://doi.org/10.3133/ofr20211030K>

EnMAP-Box: Imaging spectroscopy in QGIS B. Jakimow et al <https://doi.org/10.1016/j.softx.2023.101507>

Csati D. PRISMA Hyperspectral Satellite Imagery Download and Evaluation <https://diy-optics.com/blogs/laser-diary/prisma-hyperspectral-satellite-imagery-download-and-evaluation>

***Наши благодарности О.В. Тутубалиной за предоставленные снимки PRISMA и А.И. Терской за статистику статей по БД Scopus***

Работа проведена в рамках темы государственного задания кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова № 121051400061-9.