

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Мытищинский филиал федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
Кафедра ЛТЗ «Лесоправление, лесоустройство и геоинформационные системы»

---

# КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему

*«Выполнение комплексного мониторинга для лесных кварталов 37;38;39 Свердловского (Чкаловского ЛУ)»*

**ДИСЦИПЛИНА:**

**«Автоматизированная обработка пространственных данных»**

Студент

\_\_\_\_\_

(Фамилия И.О.)

Группа

\_\_\_\_\_

Руководитель

\_\_\_\_\_

(должность, учёная степень, Фамилия И.О.)

Москва – 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Глава 1 ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В НАУКАХ О ЛЕСЕ (литературный обзор)</b> .....	5
1.1 История использования ГИС в лесном секторе .....	5
1.2 Современные аспекты применения ГИС в лесной сфере .....	8
<b>Глава 2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ, ВИДЫ РАЗРЕШЕННОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ</b> .....	10
1.1 Наименование, местоположение учебно-опытного лесничества..	10
1.2 Общая площадь учебно-опытного лесничества и участковых лесничеств. Распределение территории учебно-опытного лесничества по муниципальным районам .....	11
1.3 Распределение лесов лесничества по лесорастительным зонам и лесным районам .....	12
1.4 Характеристика особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и объектов на исследуемой территории.....	14
1.5 Рельеф и почвы .....	18
1.6 Гидрография и гидрологические условия .....	20
<b>Глава 3 Выполнение комплексного мониторинга</b> .....	21
1.1 Определить материалы дистанционного зондирования на заданную территорию со спутниковых систем Landsat-8 (OLI) и Sentinel-2 .....	21
1.2 Выполнение атмосферной и радиометрической коррекции космических снимков .....	22
1.3 Формирование набора синтезных изображений для визуального анализа объектов местности .....	24
1.4 Выполнение классификации без обучения для всех основных классов объектов на исследуемой территории .....	30
1.5 Выполнение контролируемой классификации с целью обновления информации о породном составе на выделах заданных лесных кварталах.....	36
1.6 Создание набора индексных изображений и получение их значений для заданных выделов .....	44
1.7 Определение классов пожарной опасности для каждого выдела.	47
1.8 Формирование набора картографической продукции по полному проекту.....	51
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	52

<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>53</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ .....</b>	<b>54</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время геоинформационные системы (далее – ГИС) активно внедряются в лесном хозяйстве при систематическом обновлении информационной базы лесного фонда и лесных ресурсов, ведении лесного реестра, организации мониторинга, контроле за лесозаготовкой. В области почвоведения возможности ГИС значительно ускорили почвенные исследования. Информационные технологии позволяют собрать воедино ранее полученные данные и имеют возможность дополнять и уточнять их без особых трудностей и затрат.

Актуальность данной работы заключается в оперативном получении точных и разновременных данных о почвенных и растительных ресурсах, основанных на долговременном мониторинге с возможностью получения исчерпывающей информации на конкретный момент времени.

Научная новизна. Научные исследования в области информатизации и компьютеризации прикладных аспектов лесохозяйственной практики являются перспективными и актуальными направлениями работы.

Главная цель данной работы – обработка и анализ пространственной и временной информации о почвах и насаждениях на основе геоинформационных технологий.

Практическая значимость. Создание информационно насыщенных ГИС-проектов с поддержкой пространственно-временной выборки и динамическим картографированием значительно повышают качество и целесообразность проведения лесохозяйственных мероприятий.

# Глава 1 ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В НАУКАХ О ЛЕСЕ (литературный обзор)

## 1.1 История использования ГИС в лесном секторе

Стремительное проникновение современных информационных технологий во все отрасли экономики, в том числе и в лесное хозяйство, обусловлено быстрым ростом первичной информации и появлением персональных компьютеров, компьютерных сетей и информационных систем. В этой связи особое значение приобрели геоинформационные системы (ГИС).

ГИС – это автоматизированная информационная система, предназначенная для обработки пространственно-временных данных, основой интеграции которых служит географическая информация.

Возможности современных ГИС-технологий в лесном хозяйстве и особенно в лесоустройстве значительно шире отраслевых автоматизированных систем управления производством (ОАСУ-лесхоз). ГИС-технологии автоматизируют процесс изучения, анализа и прогноза объектов лесных сообществ. Актуальными их направлениями являются:

- а) поиск и рациональное использование лесных ресурсов; б) обеспечение устойчивого управления лесами, территориальное и отраслевое планирование и ведение лесного хозяйства и других отраслей экономики, связанных с лесными ресурсами;
- в) мониторинг экологического состояния лесных территорий, оценка техногенных и антропогенных воздействий на природную среду и их последствий;
- г) ведение лесного кадастра, сертификация лесопользования; д) научные исследования в лесном хозяйстве и др.

Разработки ГИС в нашей стране начались более 30 лет назад, но бурное развитие их произошло за последние 10 лет.

Рассмотрим на отдельных примерах применение ГИС-технологий в современном лесном хозяйстве.

**Планово-картографические материалы лесоустройства.** Вследствие приведения многих лесов России в известность из года в год сокращаются объемы геодезических работ, все шире в качестве основы используются планшеты и картографические материалы прошлых лесоустройств на бумажных носителях. Практика показывает, насколько резко теряются показатели точности бумажных карт со временем. Технология работы с аэрофотоснимками остается на уровне 50-х годов прошлого столетия. Применение традиционной технологии не обеспечивает точность планово-картографических материалов лесоустройства. В то же время средства современных ГИС позволяют автоматизировать методы построения цифровых лесных карт с использованием стереофотограмметрического дешифрирования аэрокосмических изображений и геодезических измерений, совмещать их с любыми картографическими материалами, резко увеличивать производительность геодезических работ с использованием методов геопозиционирования и электронной тахеометрии, вводящих данные непосредственно в ГИС, и т.д., не говоря уже о возможностях полиграфических комплексов на ПК в соединении с ГИС.

**Непрерывная инвентаризация лесов.** Как уже отмечалось ранее, лесоустройство создает в настоящее время повывдельный банк данных по лесному фонду лесничества на ЭВМ, в котором совмещены картографическая и таксационная информация по каждому выделу.

Наличие специальных программных комплексов позволяет использовать ГИС-технологии для решения ряда задач по актуализации базы данных лесного фонда по направлениям:

- а) учет текущих изменений в лесном фонде по категориям земель;
- б) корректировка данных учета лесного фонда лесничества;
- в) обновление таксационной характеристики выделов под влиянием естественного роста леса и с учетом проведенных лесохозяйственных мероприятий;

г) текущее и перспективное планирование мероприятий по лесовосстановлению, рубкам ухода, охране и защите леса, лесопользованию;

д) актуализация лесочетных данных по передаваемым в аренду и концессии территориям лесного фонда и контроль за выполнением арендаторами условий договора.

В зоне интенсивного ведения лесного хозяйства и лесопользования отмеченная выше работа проводится ежегодно. Учет текущих изменений в лесном фонде в зоне экстенсивных форм ведения хозяйства осуществляется на основе дистанционного зондирования через 5...10 лет.

Управление лесным хозяйством. Регулярная работа с бумажными картами и пространственный анализ лесного фонда в лесхозе затруднены не только вследствие ограниченной информации, находящейся на планшетах и планах лесонасаждений, но и их физического старения. Обычная карта отстывает на второй план перед познавательной и конструктивно-аналитической деятельностью в компьютерной системе, в которой пространственная визуализация данных (тем или иным способом отобранных в базе данных в результате запросов) служит посредником в диалоге между пользователем и ЭВМ. «ЭВМ-карты» сохраняют заложенную при их создании информативность, точность и могут многократно репродуцироваться (в том числе и на бумажные носители) без потери качества, отличаются от традиционных картографических произведений отсутствием избыточности, неопределенности, наличием возможности корректного перехода к другим плановокартографическим материалам, а также аэрофотоснимкам, другим изображениям и т.п. Они являются инструментом пространственноструктурного анализа не только данных по лесному фонду, но и ряда других признаков (наличия и удаленности от дорог населенных пунктов, рельефа местности и проходимости, наличия речной и болотной систем, почв и сельскохозяйственных угодий и т.д.). Наличие функций материально-денежной оценки лесосек, банков данных материальнотехнических ресурсов, комплекса программ планирования –

отчетности хозяйственной деятельности, работающих на единой совмещенной базе данных ресурсов лесного фонда, позволит автоматизировать документооборот. Таким образом, применение ГИС обеспечит специалистам лесного хозяйства не только выполнение анализа пространственных таксационных данных, но и объективную поддержку принимаемых решений по проведению и оптимизации практических лесохозяйственных мероприятий, а также и контроль их качества.

В геоинформационных системах приняты специфические термины и понятия.

**Карта** – это набор информационных слоев с определенными сведениями (первый слой – границы объекта; второй – гидрография; третий слой – преобладающие породы и т.д.).

**Слой** – совокупность данных, отражающая определенные характеристики, свойства и особенности объекта. Слои подразделяются на векторные, представляющие объект на местности в виде геометрических единиц (точка, линия, полигон), и растровые – электронные изображения местности (например, информация на аэрофотоснимках о лесном фонде).

**Объект** – совокупность векторного слоя и информации, занесенной в базу данных. Последние классифицируются на пространственные (координаты, их типы, способы отображения) и атрибутивные (например, таксационная характеристика выдела).

## **1.2 Современные аспекты применения ГИС в лесной сфере**

Современное лесоустройство вполне освоило ГИС-технологии и активно применяет их в камеральном периоде своего производственного процесса при создании лесных карт. Используя в своих производственных процессах цифровые методы обработки данных и ГИС-технологий, лесоустроительные предприятия стали сегодня основными производителями первичных данных о лесном фонде. Имеются все предпосылки к тому, что лесоустройство самостоятельно либо совместно с разработчиками прикладного программного обеспечения ГИС станет основным поставщиком

специализированных ГИС-технологий для лесного хозяйства. Внедрение ГИС-технологий в лесное хозяйство означает передачу лесхозам картографических баз данных повыведельного уровня, при этом у лесхоза появляется возможность самостоятельного получения и печати рабочих вариантов лесных карт на интересующий их объект. Таким образом, бумажные лесоустроительные планшеты перестают быть носителями точности в лесной картографии. А при использовании цифровой карты в качестве рабочего материала, в который вносятся текущие изменения в лесном фонде, лесоустроительные планшеты перестают быть отражением текущего состояния лесного фонда, хотя лесное хозяйство в силу давних традиций пока не хочет от них отказываться. Активным пользователем ГИС-технологий так же является отраслевая служба авиалесоохраны. Эта служба предназначена для охраны лесов от пожаров. Специфика решаемых этой службой задач картографирования состоит в оперативности получения материалов и принятия решений, для чего ГИС очень эффективны. Они предназначены для поддержки принятия управленческих решений по обнаружению и тушению пожаров службой авиационной охраны лесов от пожаров. Это достигается интеграцией пространственно согласованных картографических, спутниковых и оперативных данных о горимости лесов России. Функционально ГИС решает несколько задач:

1. подготовка картографической продукции и статистической отчетности на WEB-серверах;
2. ежедневная работа с оперативными данными для оценки состояния и горимости лесов, принятия управленческих решений по тушению пожаров;
3. подготовка отчетных картографических материалов в течение пожароопасного сезона и по его окончанию.

## **Глава 2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ, ВИДЫ РАЗРЕШЕННОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ**

### **1.1 Наименование, местоположение учебно-опытного лесничества**

Для осуществления задач по анализу почвенных ресурсов выбрано Свердловское участковое лесничество Московского учебно-опытного лесничества.

Московское учебно-опытное лесничество расположено на северо-востоке Московской области. На севере учебно-опытное лесничество граничит с Дмитровским и Сергиево-Посадским лесничествами, на востоке – с Ногинским лесничеством и Владимирской областью, на западе – с Дмитровским лесничеством, на юге и юго-востоке – с Ногинским лесничеством, на юго-западе – с Балашихинским городским округом.

Земли лесного фонда находятся на территории Пушкинского и Щелковского муниципальных районов, а также на небольшой части территории соседних городов Королев и Фрязино.

Учебно-опытное лесничества имеет протяжённость: с севера на юг – 44 км, с запада на восток – 52 км.

Контора лесничества расположена в городе Сергиев-Посад. Почтовый адрес лесничества: 141303, Московская область, г. Сергиев-Посад-3, посёлок Лесхоз.

## 1.2 Общая площадь учебно-опытного лесничества и участковых лесничеств. Распределение территории учебно-опытного лесничества по муниципальным районам

Приказом Рослесхоза от 12.01.2009 г. № 1 было создано Московское учебно-опытное лесничество, площадь лесничества составляет 63296 га. В состав лесничества вошли бывшие лесхозы Федерального агентства лесного хозяйства: Правдинский лесхоз-техникум и Щёлковский учебно-опытный лесхоз, в том числе территории, до этого бывшие во владении сельскохозяйственных организаций, общей площадью 4145 га. Структура лесничества и разделение территории лесничества по муниципальным образованиям приведены в таблице 2.1.

Таблица 1.1 – Структура лесничества

№	Наименование участкового лесничества	Муниципальный район (муниципальное образование)	Площадь, га
1	Алешинское	Пушкинский	7466
2	Тютчевское	Пушкинский	5575
3	Красноармейское	Пушкинский	5227
4	Учебно-опытное	Пушкинский	6831
5	Фряновское	Щелковский	7779
6	Огудневское	Щелковский	6641
7	Воря-Богородское	Щелковский	4988
8	Гребневское	Щелковский	6769
		Городской округ Фрязино	34
		Городской округ Королев	149
	Итого по участковому лесничеству		6952
9	Свердловское	Щелковский	7692
10	Щелковское сельское	Пушкинский	1850
		Щелковский	2295
	Итого по участковому лесничеству		4145
	Всего по лесничеству		63296

№	Наименование участкового лесничества	Муниципальный район (муниципальное образование)	Площадь, га
	в том числе по муниципальным районам:		
		Пушкинский	26949
		Щёлковский	36164
		Городской округ Фрязино	34
		Городской округ Королев	149

### 1.3 Распределение лесов лесничества по лесорастительным зонам и лесным районам

Лесорастительное районирование – это разделение территории лесного фонда на части, в целом схожие внутри и различающиеся от других по природным условиям, формирующим распространение лесообразующих древесных пород, состав, типы и продуктивность лесов, лесовосстановительные процессы.

Для рационального ведения лесного хозяйства лесорастительное районирование имеет огромное значение, оно позволяет повышать эффективность лесоэксплуатационных и лесовосстановительных мероприятий, направленных на рациональное использование и повышение продуктивности лесов.

Основой для лесохозяйственного и лесотаксационного районирования служит лесорастительное районирования, базируясь в том числе на остальных типах районирования: геоботанических, природных, физико-географических, естественно-исторических, агроклиматических и климатических.

Территории лесного фонда лесничества отнесены к зоне хвойно-широколиственных лесов и району хвойно-широколиственных лесов европейской части Российской Федерации (приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации (МПР РФ) № 68 от 28 марта 2007 г. «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации» [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] (таблица 2.2).

Таблица 1.2 – Распределение лесов Московского учебно-опытного лесничества по лесорастительным зонам и лесным районам

№ п/п	Наименование участкового лесничества	Лесорастительная зона	Лесной район	Перечень лесных кварталов	Площадь, га	
1	Алешинское	Хвойно-широколиственных лесов	Хвойно-широколиственных лесов европейской части РФ	1...212	7466	
2	Тютчевское			1...108, 110...165	5575	
3	Красноармейское			1...137	5227	
4	Учебно-опытное			1...199	6831	
5	Фряновское				7779	
	В том числе:					
	Фряновский лесохозяйственный участок			1...44	3401	
	Аксеновский лесохозяйственный участок			1...41,43...54,56, 58...64	4378	
6	Огудневское				1...132	6641
7	Воря-Богородское			Хвойно-широколиственных лесов	Хвойно-широколиственных лесов европейской части РФ	1...101
8	Гребневское		6952			
	В том числе:					
	Гребневский лесохозяйственный участок	1...69	3851			
	Щёлковский лесохозяйственный участок	1...59	3101			
9	Свердловское		7692			
	В том числе:					
	Свердловский лесохозяйственный участок	1,2,4...56, 62...73, 75...83, 85...102, 104...115	5247			
	Чкаловский лесохозяйственный участок	1...39	2445			
10	Щелковское сельское					4145
	В том числе:					

	Пушкинский район			1...29	1850
	Щелковский район			1...12	2295
	Итого по лесничеству				63296

#### **1.4 Характеристика особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и объектов на исследуемой территории**

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – это участки земли, воздушного пространства и водной поверхности над ними, где находятся природные комплексы и объекты, имеющие важное природоохранное, культурное, эстетическое, научное, рекреационное и оздоровительное значение. Эти участки удалены решениями органов государственной власти совсем или частично из хозяйственного пользования и для них сформирован режим особой охраны (Федеральный закон от 14.03.1995 г. №33-ФЗ (ред. от 03.08.2018) Об особо охраняемых природных территориях (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019)).

Категории ООПТ:

- государственные природные заповедники (в том числе биосферные);
- государственные природные заказники;
- ботанические сады и дендрологические парки;
- курорты и лечебно-оздоровительные территории;
- объекты всемирного наследия;
- памятники природы;
- национальные парки;
- природные парки.

Московское учебно-опытное лесничество расположено на территории с хорошо развитой обрабатывающей, текстильной, химической, промышленностью, машиностроением, в лесничестве все же сохранились почти неизменные природные комплексы, имеющие перспективный научный интерес.

На всех выделенных территориях сформированы особые режимы охраны: полный запрет любого человеческого вмешательства в природные

процессы или возможно незначительное воздействие в виде выполнения выборочных санитарных рубок, но лишь в том случае, если это не противоречит правовому режиму соответствующей территории.

Сохранению и развитию существующих ООПТ противостоит ряд проблем, основные из них:

- вырубка леса;
- захламливание и замусоривание территории;
- пожары;
- палы травы;
- распашка земель;
- разжигание костров;
- выпас скота;
- вытаптывание;
- сенокошение;
- сбор растений;
- охота;
- рыболовство;
- самовольные вырубки леса;
- загрязнение водоемов;
- проезд и стоянка автотранспорта;
- туристические стоянки;
- посещение территорий в запрещённое время;
- использование ядохимикатов на сельхозугодиях;
- строительство;
- отдельная хозяйственная деятельность, выполняемая в недопустимой близости от ООПТ;
- мелиоративные работы;
- размещение садов.

В лесничества определены ООПТ регионального значения, из них 4 природных заказника (916 га от общей площади лесничества).

Помимо имеющихся особо охраняемых природных территорий учебно-опытного лесничества были выделены заповедные лесные участки (таблица 2.4).

Таблица 1.3 – Перечень заповедных лесных участков

№ п/п	Участковое лесничество	Площадь, га	Местоположение	
			Кварталы	Выделы
1	Алёшинское	374	83...86, 100...103, 110...113, 119, 120	Все выделы

Выше перечисленные заповедные лесные участки сформированы в категории защитных лесов как леса, защищающие природные и иные объекты, в подкатегории леса, находящиеся в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения.

На особо охраняемых территориях запрещено:

- изменять природный ландшафт;
- строить жилье и объекты рекреации за пределами населённых пунктов;
- передать в аренду и частную собственность природные ресурсы;
- разделять площади лесных массивов обновленной дорожной сетью и линейными коммуникациями.

Рекреационное пользование территории без установки стационарных объектов возможно за пределами ООПТ.

Всемирный фонд дикой природы (1989), установил, что биологическое разнообразие – это «все многообразие форм жизни на земле, миллионов видов растений, животных, микроорганизмов с их наборами генов и сложных экосистем, образующих живую природу». Из этого следует, что биологическое разнообразие необходимо исследовать на следующих уровнях:

- разнообразие видов в экосистемах;
- разнообразие этих экосистем;
- генетическое разнообразие (генов и их вариантов – аллелей).

На уровне вида биологическое разнообразие распространяется на всё разнообразие видов на Земле от бактерий и простейших до царства многоклеточных растений, животных и грибов. В более узком понятии биологическое разнообразие содержит генетическое разнообразие видов, сформированное как географически распространенными популяциями, так и особями одной. А также, включает разнообразие экосистем, видов, биологических сообществ, полученных сообществами и взаимодействия между этими уровнями.

Для осуществления непрерывного выживания видов и природных сообществ нужны все уровни биологического разнообразия, которые, в том числе, имеют значение для человека. Разнообразие видов характеризует богатство эволюционных и экологических приспособленностей видов к различным средам. Для человека это является источником разнообразных природных ресурсов.

На уровне сообществ разнообразие представляет массовый отклик видов на разнообразные условия окружающей среды. Биологические сообщества, свойственные для лесов, степей, пустынь и затопляемых земель, сохраняют непрерывность нормального функционирования экосистемы, выполняя ее «обслуживание», например, регулированием паводков, защиты от почвенной эрозии, фильтрации воздуха и воды.

Сохранение биоразнообразия – это сложнейший, комплексный и значимый процесс, осуществляемый посредством системы мероприятий, сохраняющих устойчивость экологических свойств леса в многолетней перспективе, в процессе ведения лесного хозяйства.

Сохранение биоразнообразия входит в всемирную концепцию стратегии и тактики выживания человечества, туда входит:

- рациональное пользование ресурсами моря;
- планирование и не истощительное пользование земельных ресурсов;
- борьба с сокращением площади лесов;
- устойчивое использования природных экосистем;
- устойчивое развитие сельского хозяйства;
- уменьшение уровня техногенных воздействий на воду, почву и воздух.

Естественная динамика леса является базой для сохранения и приумножения биоразнообразия, и учитывается при планировании и проведении лесохозяйственных мероприятий.

Мероприятиям по сохранению биоразнообразия:

- сохранение элементов биологического разнообразия при проведении лесохозяйственных мероприятиях;
- имитация естественной динамики леса.

Целям сохранения естественной динамики леса при ведении лесного хозяйства являются:

- защищать и сохранять редкие и исчезающие виды, занесенные в Красную книгу;
- сохранять экологических свойств леса на всех его уровнях в пространстве и во времени.

На сегодняшний день в Московской области обитает более 60 видов млекопитающих, 18 видов пресмыкающихся и земноводных, зимует около 300 видов птиц.

## **1.5 Рельеф и почвы**

По строению рельефа площадь учебно-опытного лесничества делится на следующие части:

1. Северная с отметками 180...200 м. Находящаяся на южной части Клинско-Дмитровской возвышенности. Рельеф волнистый, сильно переработанный водными потоками. Эрозия способствовала его размыву, а также разрушительная деятельность ледника.

2. Средняя с высотами 160...180 м. Это остаточно-холмистая моренная равнина, переходная часть от Клинско-Дмитровской возвышенности к Мещёрской низменности. Здесь расположена северная часть Свердловского участкового лесничества. Рельеф этой территории скрыт разветвлённой балочной сетью. Водоразделы слабоволнисты с нередко встречающимися заболоченными бессточными западинами. Реки текут в достаточно разработанных долинах. Моренный рельеф иногда достаточно размыт, по его краям и вдоль речных долин присутствуют песчаные равнины, незаметно переходящие в Мещёрскую низменность.

3. Южная с отметками 140...150 м, восточная часть Мещёрской низменности. К ней относится южная часть Свердловского участкового лесничества. Данная низина сформирована песчаными отложениями, покрытыми чехлом суглинков разной мощности. Расчленённость совсем незначительна. Множество бессточных западин, занятых болотами и озёрами.

Рельеф участкового лесничества в целом равнинный с общим уклоном с северо-запада на юго-восток.

Почвы сформировались на мощных отложениях четвертичного периода. Почвообразующие (материнские) породы представлены наносами различной мощности:

- верхняя и средняя морена, обеспеченная и переотложенная в зоне размыва;
- флювиогляциальные и древнеаллювиальные отложения;
- покровные суглинки и делювий, разного гранулометрического состава и происхождения.

На территории Свердловского участкового лесничества преобладают дерново-среднеподзолистые среднесуглинистые почвы на Морене. На покровных суглинках почвы встречаются редко, а в южной части лесничества расположены слоистые почвы на аллювиальных наносах.

Сравнительно плодородная материнская почвообразующая порода на всей площади Московского учебно-опытного лесничества – покровные суглинки (ПС), для которых характерна повышенная ёмкость катионного обмена.

## **1.6 Гидрография и гидрологические условия**

На территории учебно-опытного лесничества находятся искусственные водоёмы – пруды различных размеров. Процессы заболачивания выражены незначительно.

В лесничестве лесоосушительные мероприятия не проводятся, в связи с тем, что гидролесомелиоративный фонд представлен относительно небольшими участками, распространёнными по территории.

Основная водная артерия данной местности – река Клязьма – приток реки Ока. Глубина залегания грунтовых вод варьируется в достаточно широких пределах – от 0,5 м (Чкаловское участковое лесничество) до 12 м (Фряновское участковое лесничество).

## Глава 3 Выполнение комплексного мониторинга

### 1.1 Определить материалы дистанционного зондирования на заданную территорию со спутниковых систем Landsat-8 (OLI) и Sentinel-2

В самом начале работы мы получили определенные кварталы, которые нужны для работы на местности. Но нужно их отделить от общей территории, это мы и делаем в начале нашей работы.

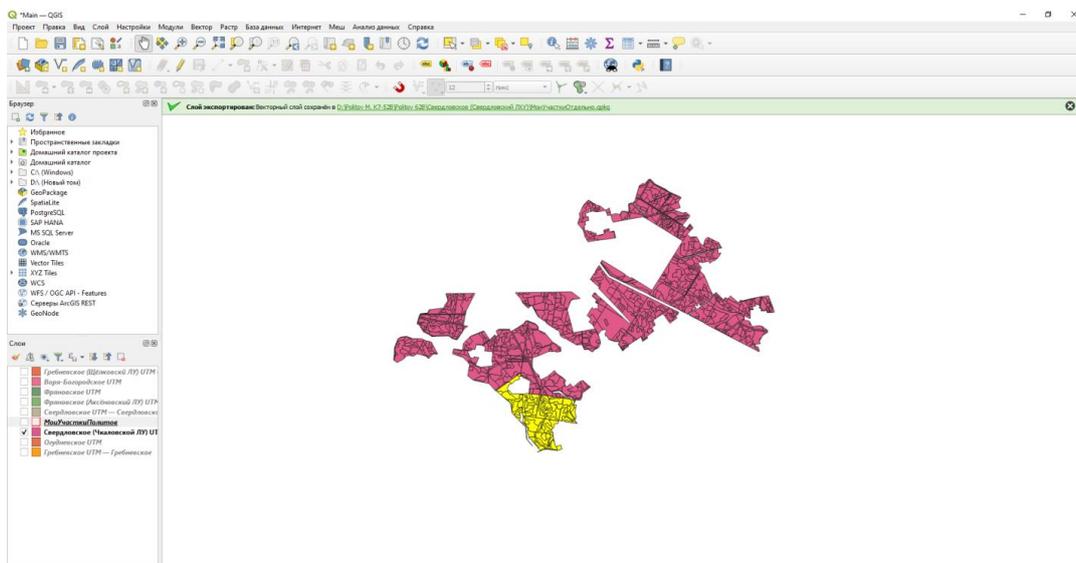


Рис. 1 – Общая территория

Нужная территория выделена на снимке желтым, ее мы сохраняем отдельно другим файлом.

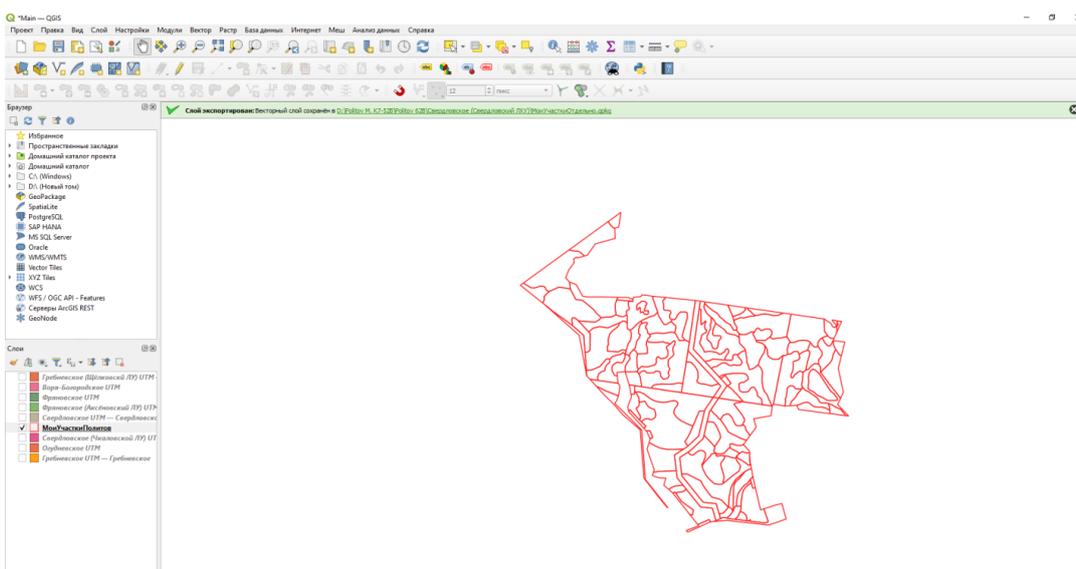


Рис. 2 – Нужная территория

Данный этап работы имеет важную часть – получение снимков со спутников, поэтому заходим на сайт EarthExplorer.USGS и ищем нужные нам снимки, а именно – Landsat-8 (OLI).

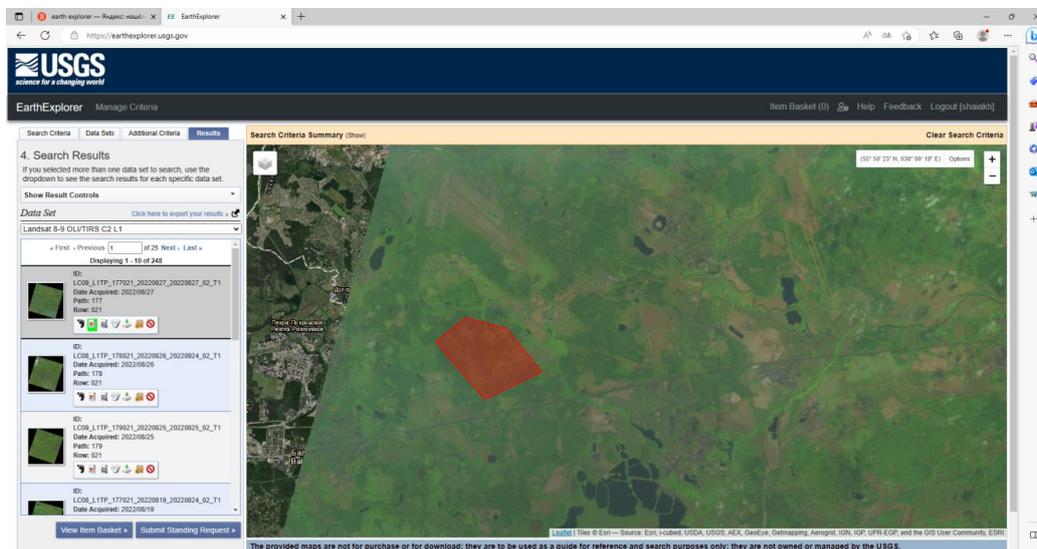


Рис. 3 – EarthExplorer.USGS

## 1.2 Выполнение атмосферной и радиометрической коррекции космических снимков

После скачки снимков на персональный компьютер, мы загружаем их в проект-QGIS.

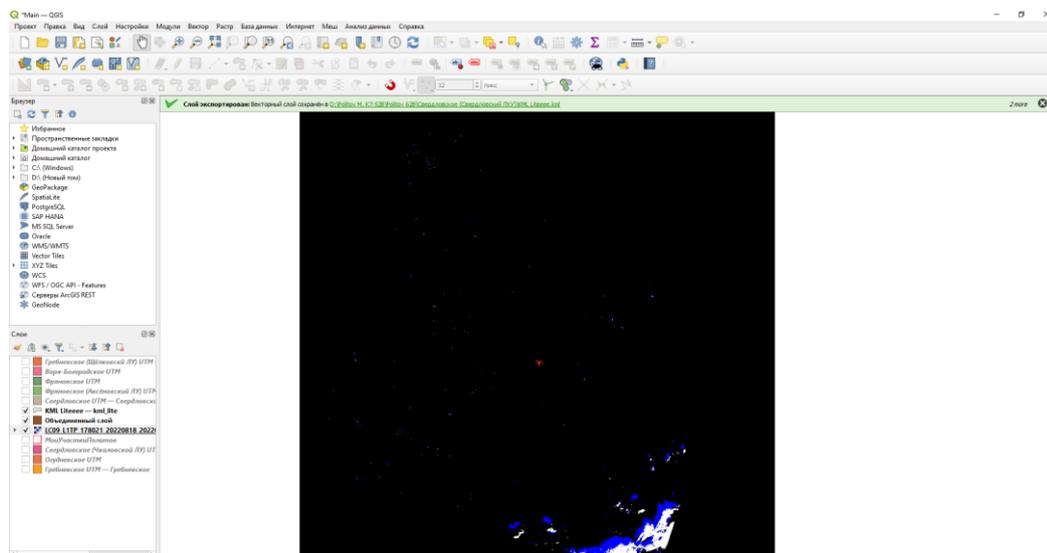


Рис. 4 – Загрузка снимков

Конечная цель атмосферной и радиометрической коррекции космических снимков состоит в том, чтобы наилучшим образом отразить

поверхность земли на снимке, удалив влияние атмосферы и инструментальных источников помех. Коррекцию мы проводили с помощью модуля SCP (Semi-Automatic Classification Plugin).

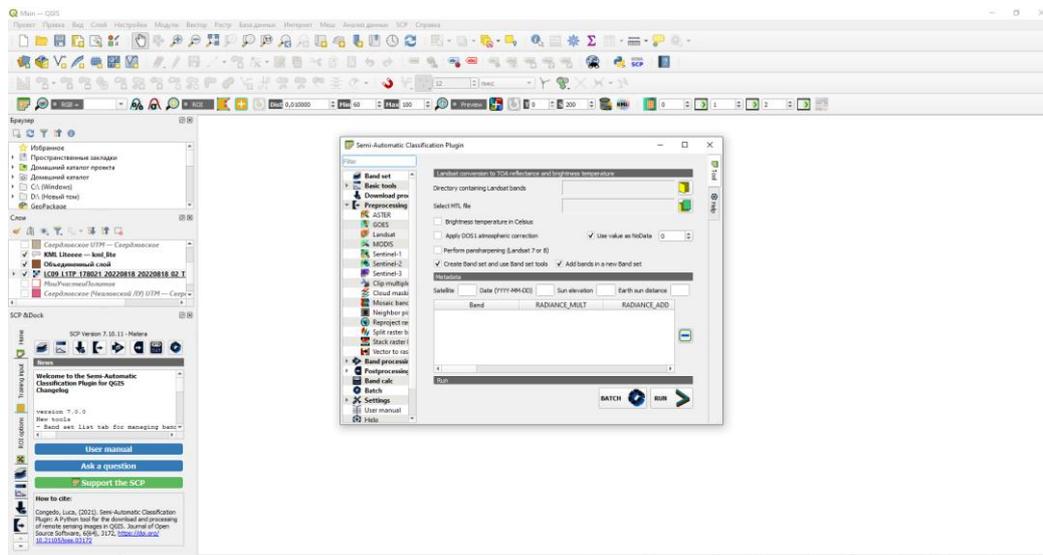


Рис. 5 – SCP

Для получения достойного результата нужно определить приемлемую облачность на снимках.

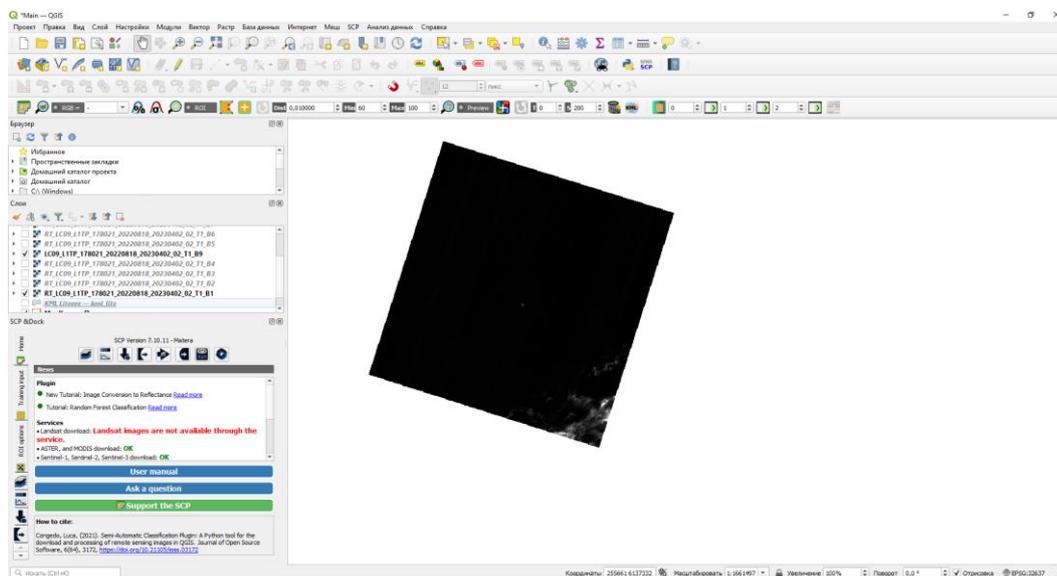


Рис. 6 – Облачность

Заходим в Растр – Прочее – Результат объединения и соединяем все снимки кроме тепловых (B10 и B11).

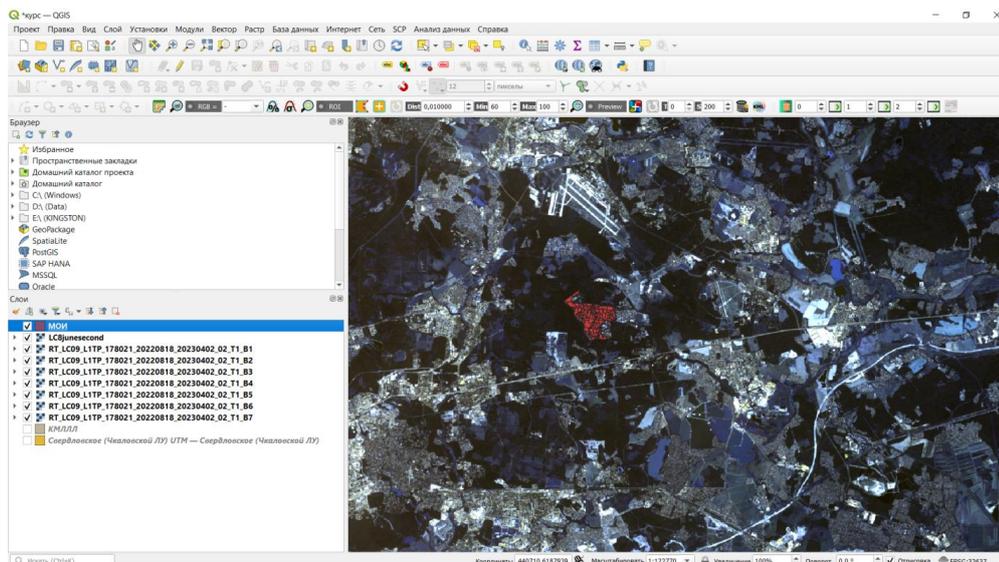


Рис. 9 – Положение территории на снимке

### 1.3 Формирование набора синтезных изображений для визуального анализа объектов местности

Канал	Длины волн, мкм	Разрешение (размер 1 пикселя)
<b>Диапазоны OLI (Operational Land Imager)</b>		
Канал 1 Побережья и аэрозоли (Coastal / Aerosol, New Deep Blue)	0.433 – 0.453	30 м
Канал 2 – Синий (Blue)	0.450 – 0.515	30 м
Канал 3 – Зелёный (Green)	0.525 – 0.600	30 м
Канал 4 – Красный (Red)	0.630 – 0.680	30 м
Канал 5 – Ближний ИК (Near Infrared, NIR)	0.845 – 0.885	30 м
Канал 6 – Ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 2)	1.560 – 1.660	30 м
Канал 7 – Ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3)	2.100 – 2.300	30 м
Канал 8 – Панхроматический (Panchromatic, PAN)	0.500 – 0.680	15 м
Канал 9 – Перистые облака (Cirrus, SWIR)	1.360 – 1.390	30 м

Рис. 10 – Диапазоны OLI

Каналы 2, 3 и 4 (синий, зеленый и красный) представляют видимую часть спектра. Сочетание каналов "Естественные цвета", обычно используемое в снимках, комбинирует эти каналы таким образом, чтобы изображение выглядело так, как его видит человеческий глаз. Далее мы изменим комбинацию каналов снимков, чтобы выделить пожары и сделать их очертания более различимыми. Рассмотрим некоторые из них:

1. Инфракрасный цвет (каналы – 3,4,5)

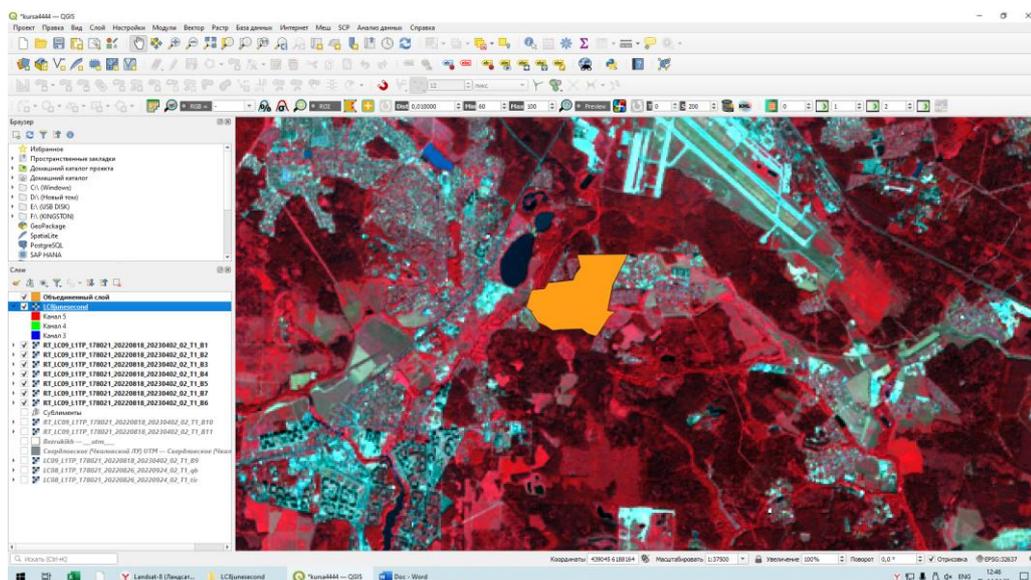


Рис. 11 – Инфракрасный цвет

Данная комбинация строится из ближнего инфракрасного, красного и зеленого каналов (3, 4 и 5)

2. Псевдоцвета (каналы – 5,3,4)

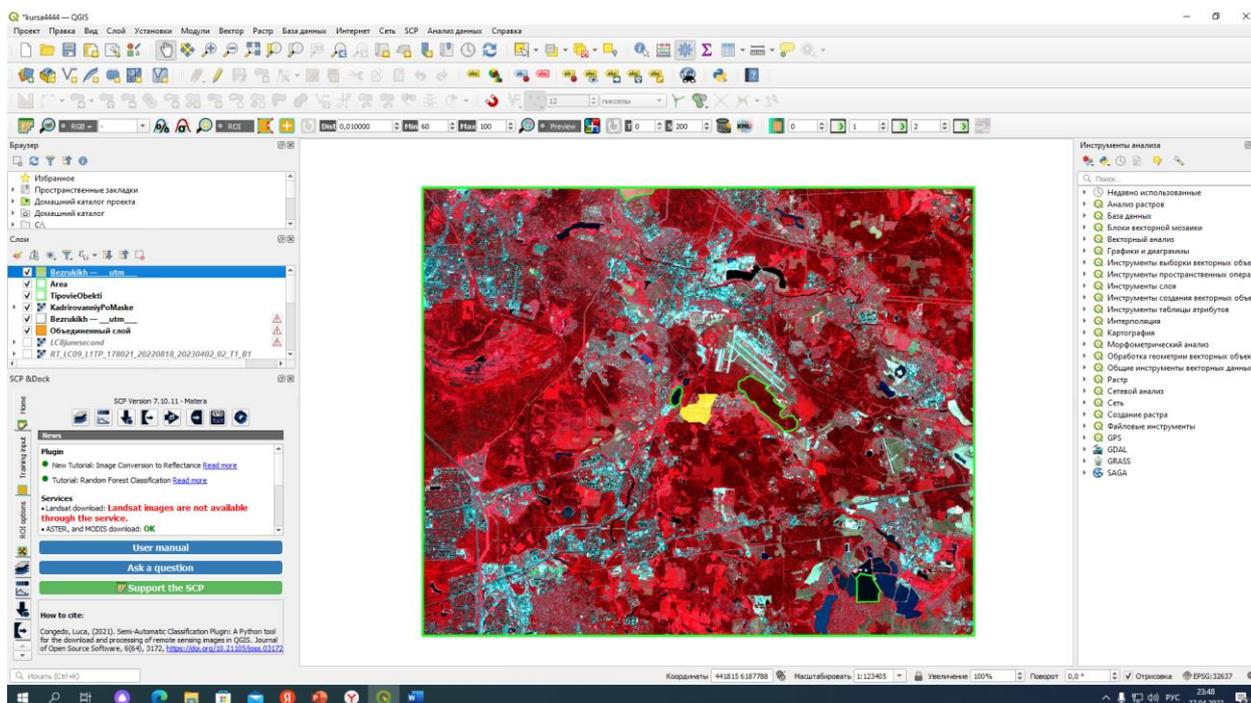


Рис. 12 – Псевдоцвета

Стандартная комбинация «искусственные цвета». Растительность отображается в оттенках красного, городская застройка – зелено-голубых, а цвет почвы варьируется от темно до светло коричневого. Лед, снег и облака выглядят белыми или светло голубыми (лед и облака по краям). Хвойные леса будут выглядеть более темно-красными или даже коричневыми по сравнению с лиственными. Эта комбинация очень популярна и используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур. В целом, насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую или редколесья/кустарниковую растительность.

### 3. Естественные цвета (каналы – 4,3,2)

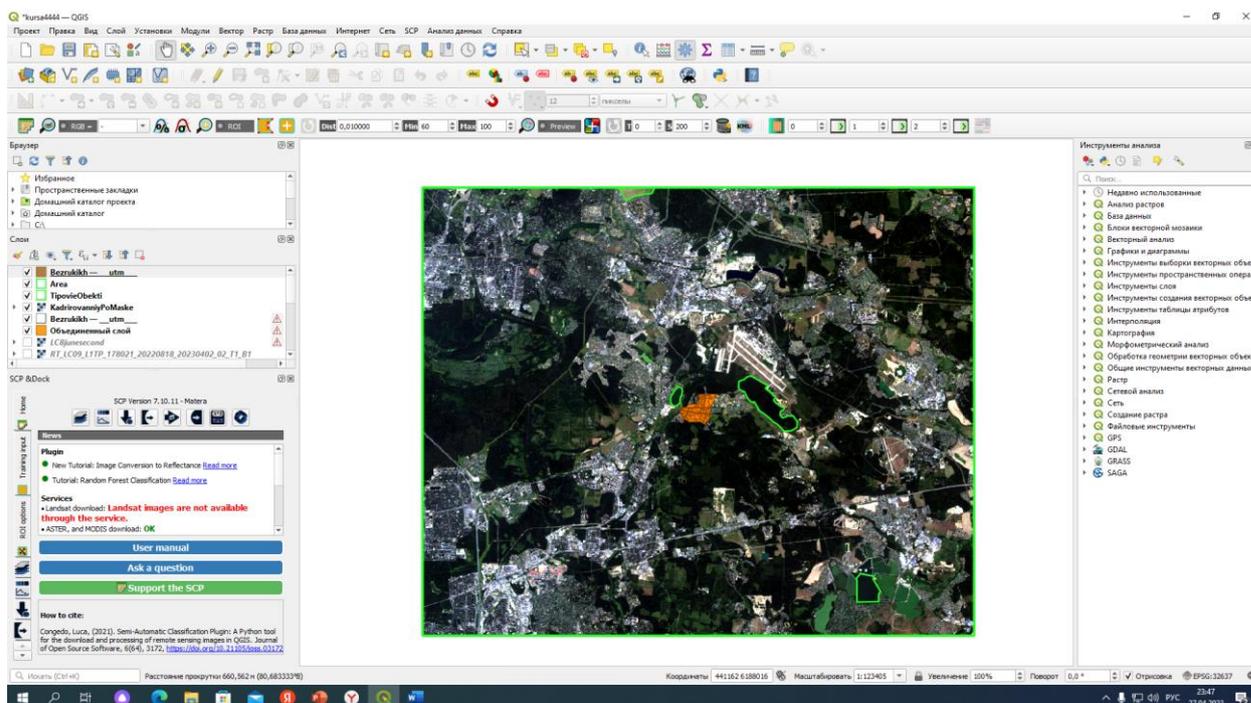


Рис. 13 – Естественные цвета

Комбинация «естественные цвета». В этой комбинации используются каналы видимо диапазона, поэтому объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим глазом. Здоровая растительность выглядит зеленой, убранные поля – светлыми, нездоровая растительность – коричневой и желтой, дороги – серыми, береговые линии – белесыми. Эта комбинация каналов дает возможность анализировать состояние водных объектов и процессы седиментации, оценивать глубины. Также используется для изучения антропогенных объектов. Вырубки и разреженная растительность детектируются плохо, в отличие от комбинации 4-5-1 или 4-3-2. Облака и снег выглядят одинаково белыми и трудноразличимы. Кроме того, трудно отделить один тип растительности от другого. Эта комбинация не позволяет отличить мелководье от почв в отличие от комбинации 7-5-3.

#### 4. Расширенный ИК (каналы – 7,5,3)

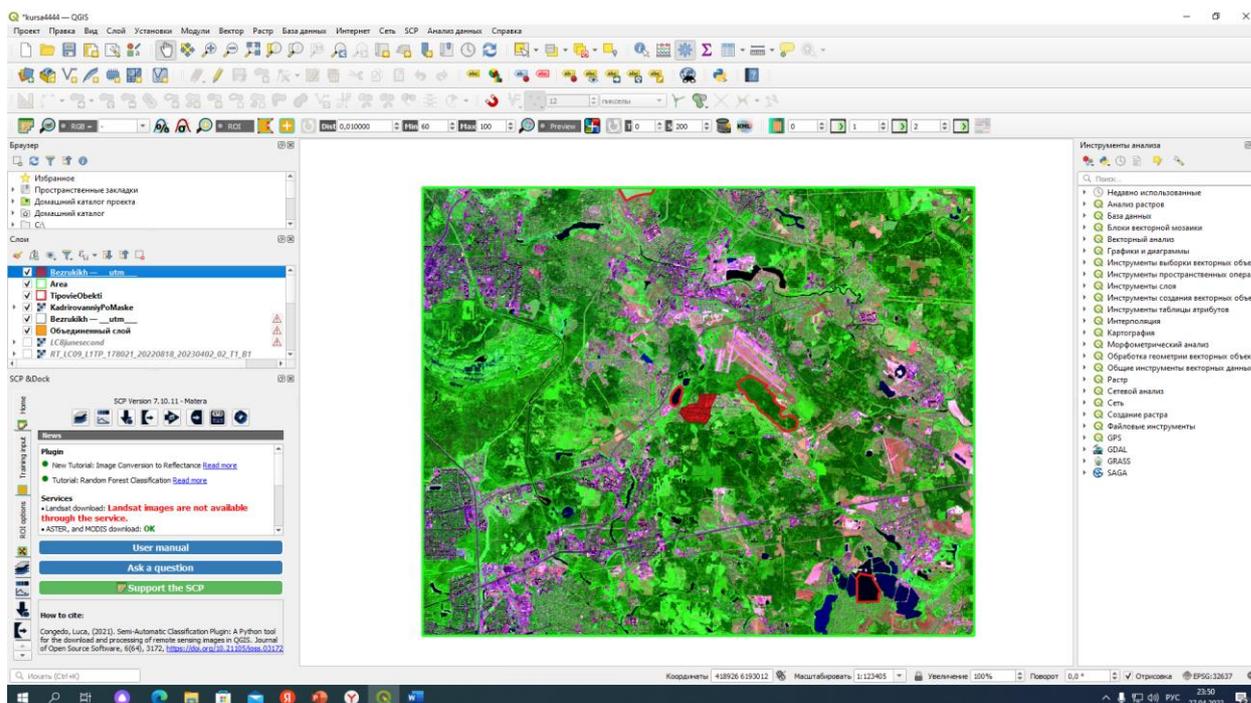


Рис. 14 – Расширенный ИК

Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам, но в тоже время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, травянистые сообщества – зелеными, ярко розовые участки детектируют открытую почву, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности. Сухостойная растительность выглядит оранжевой, вода- голубой. Песок, почва и минералы могут быть представлены очень большим числом цветов и оттенков. Эта комбинация дает великолепный результат при анализе пустынь и опустошённых территорий. Кроме того, может быть использована для изучения сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий. Сгоревшие территории будут выглядеть ярко красными. Эта комбинация используется для изучения динамики пожаров и пост-пожарного анализа территории. Городская застройка отображается в оттенках розово-фиолетового, травянистые сообщества – зелеными и светло зелеными. Светло зеленые точки внутри городских территорий могут быть парками, садами или полями для гольфа (актуально для России :)). Оливково-зеленый цвет характерен для лесных массивов и более темный цвет является индикатором примеси хвойных пород.

## 5. NIR + SWIR + BCU (каналы – 5,6,2)

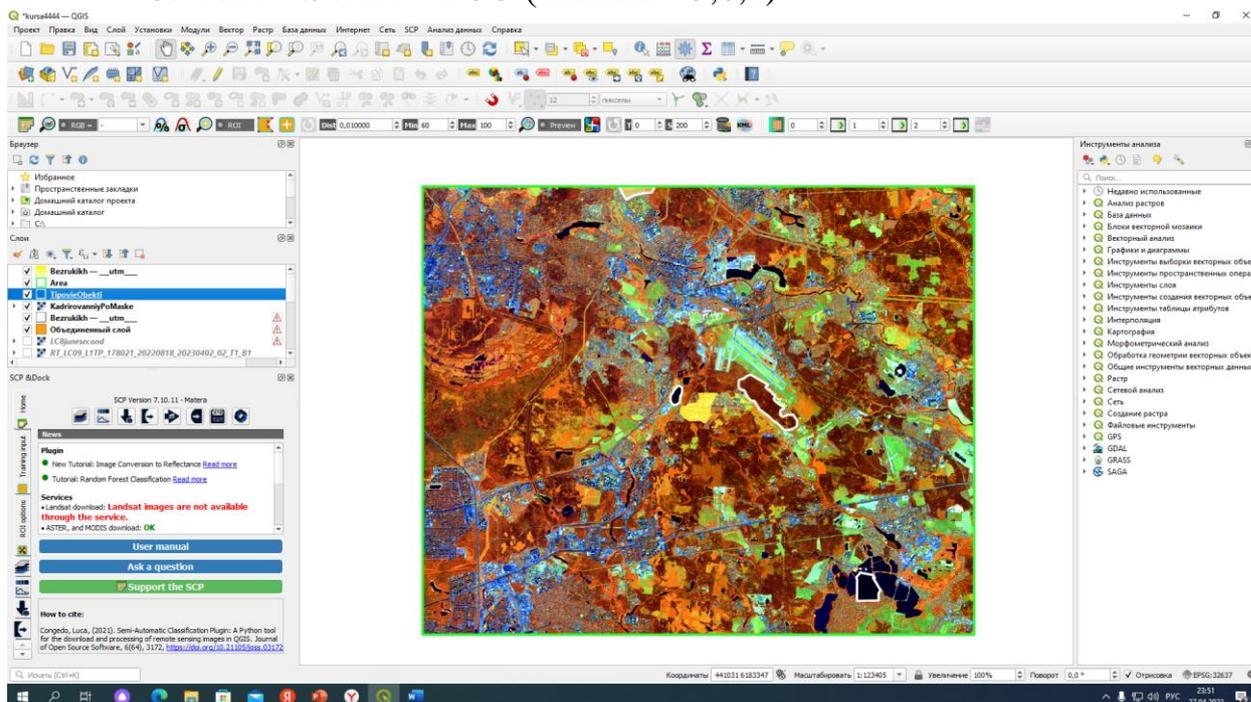


Рис. 15 – NIR + SWIR + BCU

Здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого. Почвы могут выглядеть зелеными или коричневыми, урбанизированные территории – белесыми, серыми и зелено-голубыми, ярко голубой цвет может детектировать недавно вырубленные территории, а красноватые – восстановление растительности или разреженную растительность. Чистая, глубокая вода будет выглядеть очень темно синей (почти черной), если же это мелководье или в воде содержится большое количество взвесей, то в цвете будут преобладать более светлые синие оттенки. Добавление среднего инфракрасного канала позволяет добиться хорошей различимости возраста растительности. Здоровая растительность дает очень сильное отражение в 4 и 5 каналах. Использование комбинации 3-2-1 параллельно с этой комбинацией позволяет различать затопляемые территории и растительность. Эта комбинация малоприспособна для детектирования дорог и шоссе.

## 6. SWIR2 + SWIR3 + INR (каналы – 7,6,5)

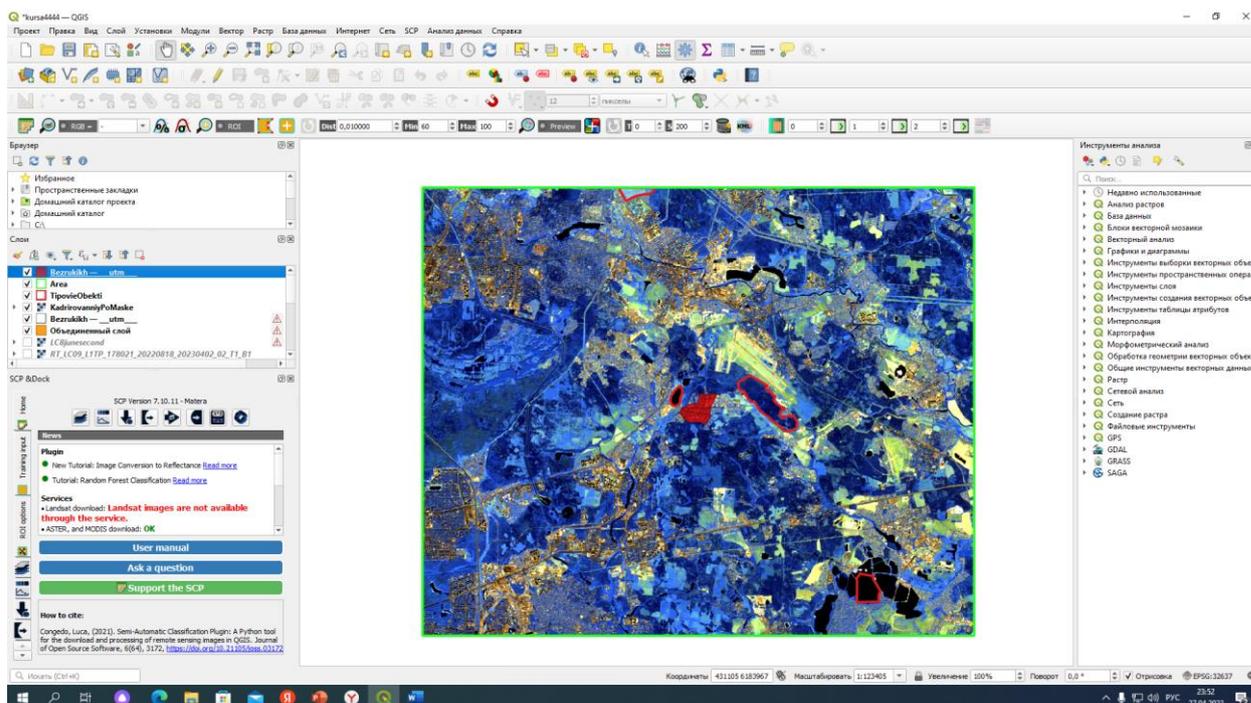


Рис. 16 – SWIR2 + SWIR3 + INR

Эта комбинация не включает ни одного канала из видимого диапазона, и обеспечивает оптимальный анализ состояния атмосферы. Береговые линии четко различимы. Может быть использован для анализа текстуры и влажности почв. Растительность выглядит голубой.

#### 1.4 Выполнение классификации без обучения для всех основных классов объектов на исследуемой территории

Для создания карты гипотезы и карты основных ИК типов можно применять автоматизированные методы, опирающиеся на подходы безобучающей выборки подобные подходы реализованы в программных пакетах двумя типами алгоритмов:

- K-mean
- ISODATA

Алгоритмы без обучающей выборки чувствительны к числу каналов космической съемки. В идеале нам нужно минимизировать число каналов, оставив только наиболее информативные. Существуют разные способы информативности каналов как статистические, так и экспертные оценки. Общая логика их применения:

- Если число каналов больше и не позволяет оценить их визуально, то используют статистические методы.

- Если число каналов мало, то можно выделить спектральные яркостные кривые.

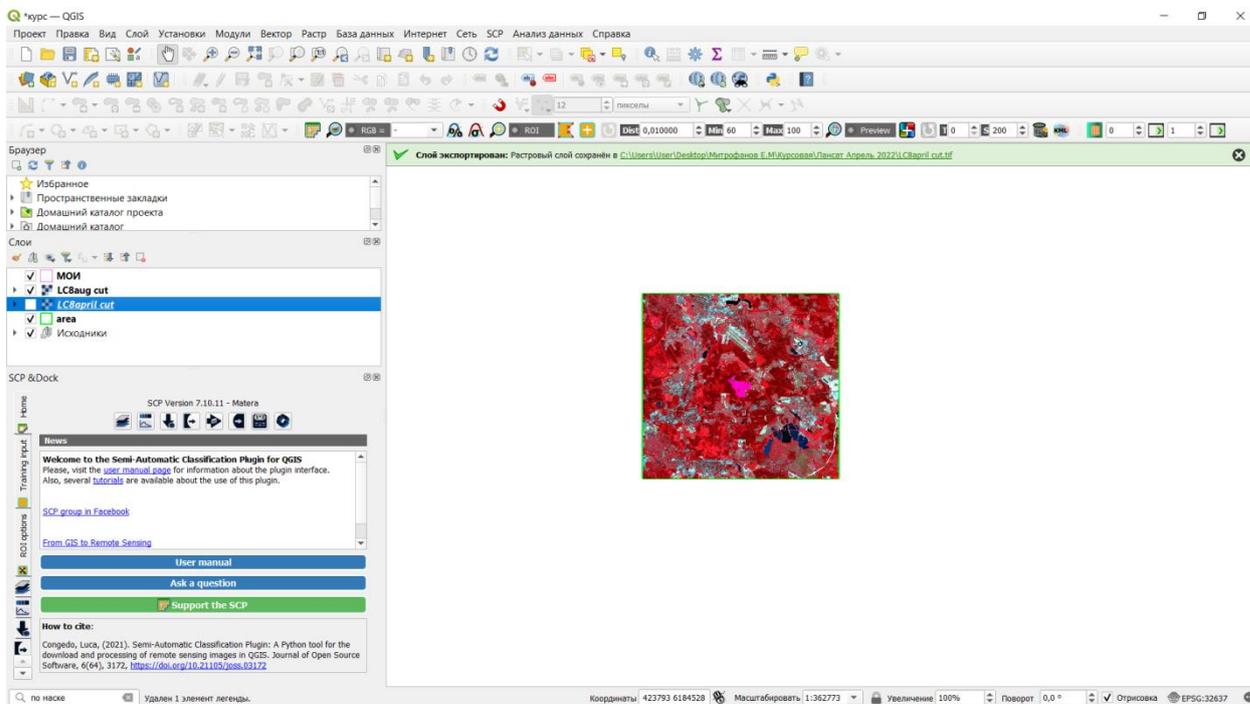


Рис. 17 – Построение Спектральных яркостных кривых

Подготовка к поиску эталонов

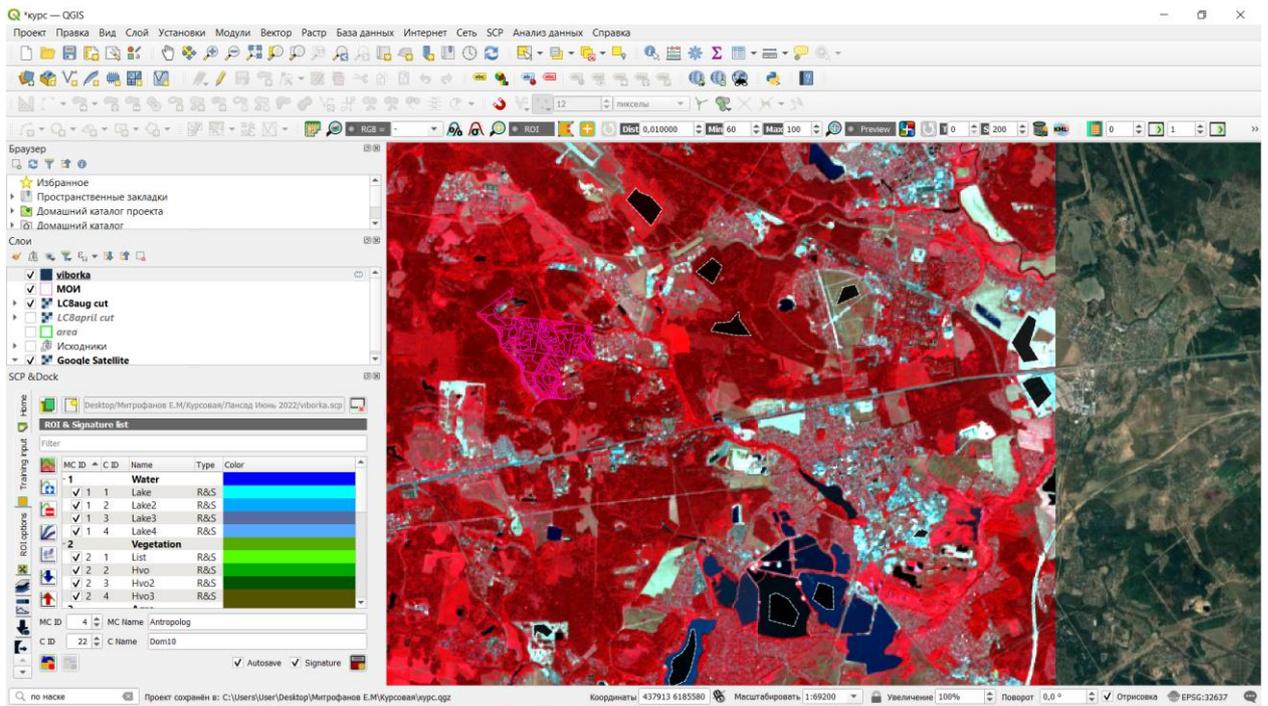


Рис. 18 – Подготовка к поиску эталонов

На рабочей локации были собраны эталоны по типовым объектам, объединенные в 4 макрокласса

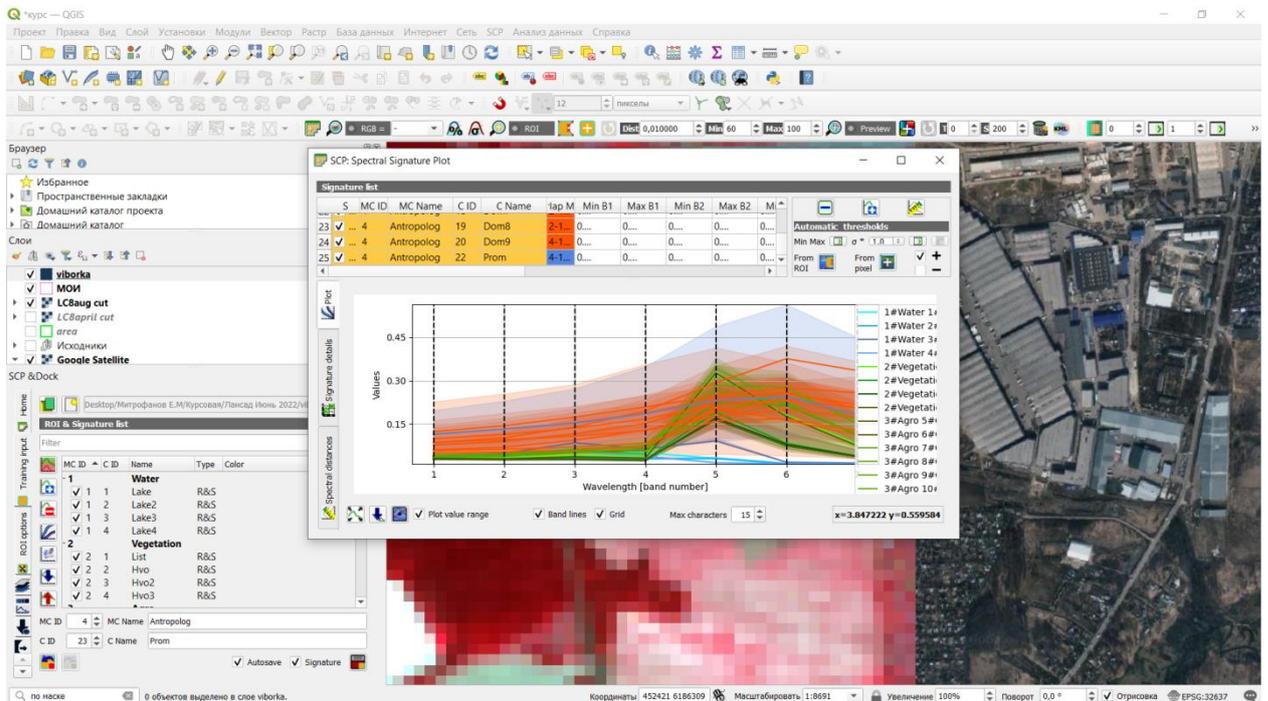


Рис. 19 - SCP

Автоматизированное дешифрирование может быть затруднено

По анализу спектральных яркостей был сделан вывод, что наиболее презентативными для дешифрования каналами является 5/6/7. Гипотетически если результаты будут неудовлетворительны, то в набор можно будет добавить зеленый(3) канал.

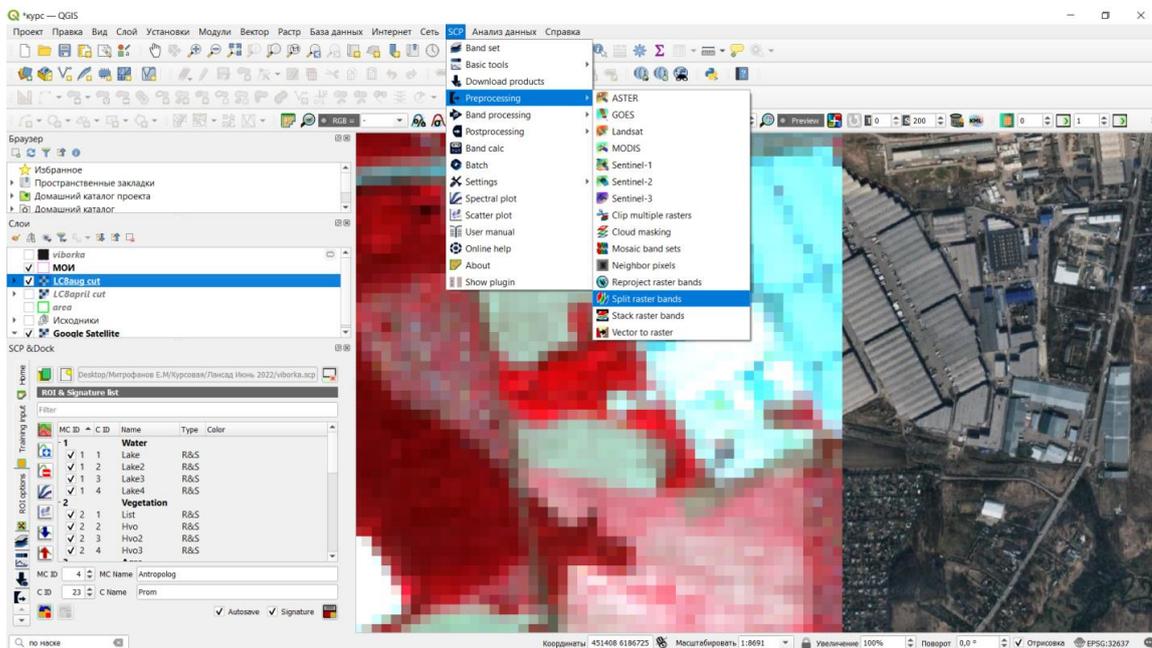


Рис. 20 – Split Raster Bands

Было сформировано изображение которое в дальнейшем будет автоматизированно классифицировано с использованием алгоритмов не предполагающих обучающей выборки.

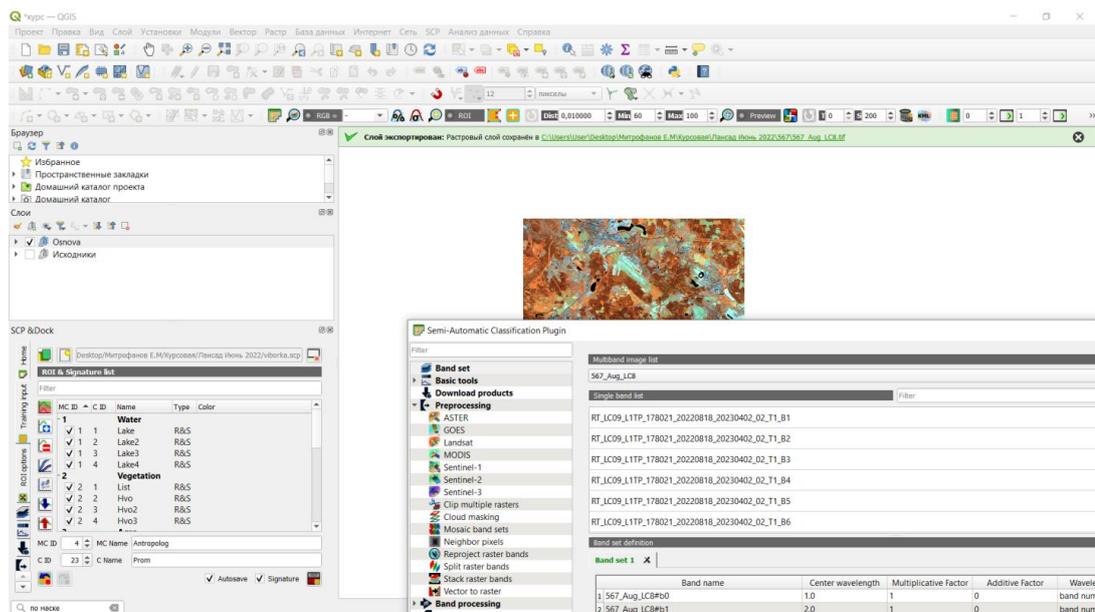


Рис. 21 - Классификация

Получив сцену из каналов съемки, выполним неконтролируемую классификацию объектов на ней присутствующих

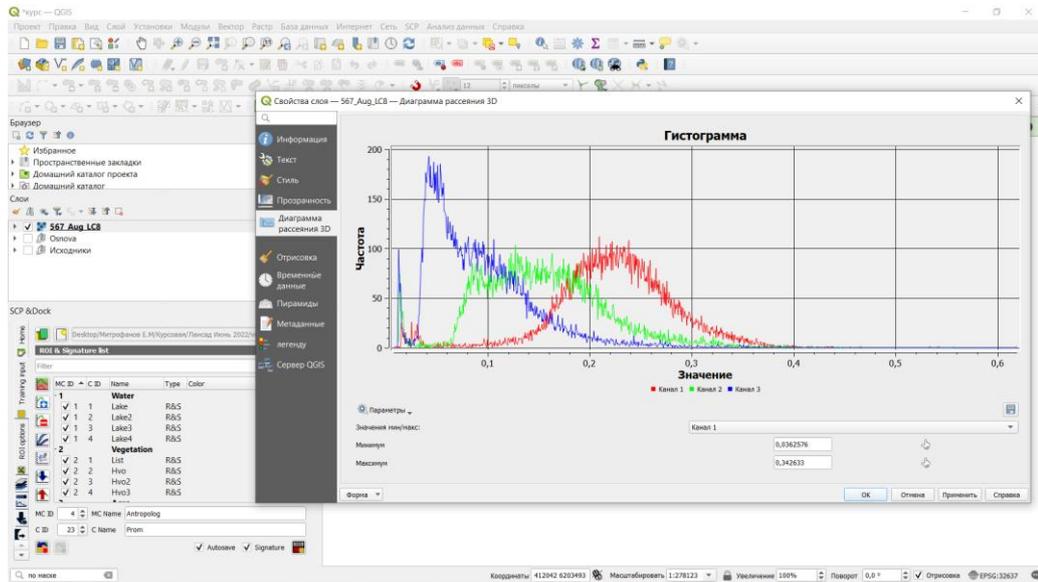


Рис. 22 – Гистограмма общая

Гистограмма распределения значений пикселей по всем каналам исходного изображения

$K=3$

$3=4$  37

$C=3$

Предположительно, по анализу гистограммы я бы сделал вывод, что мы можем разделить пиксели этого изображения на 50 уникальных классов.

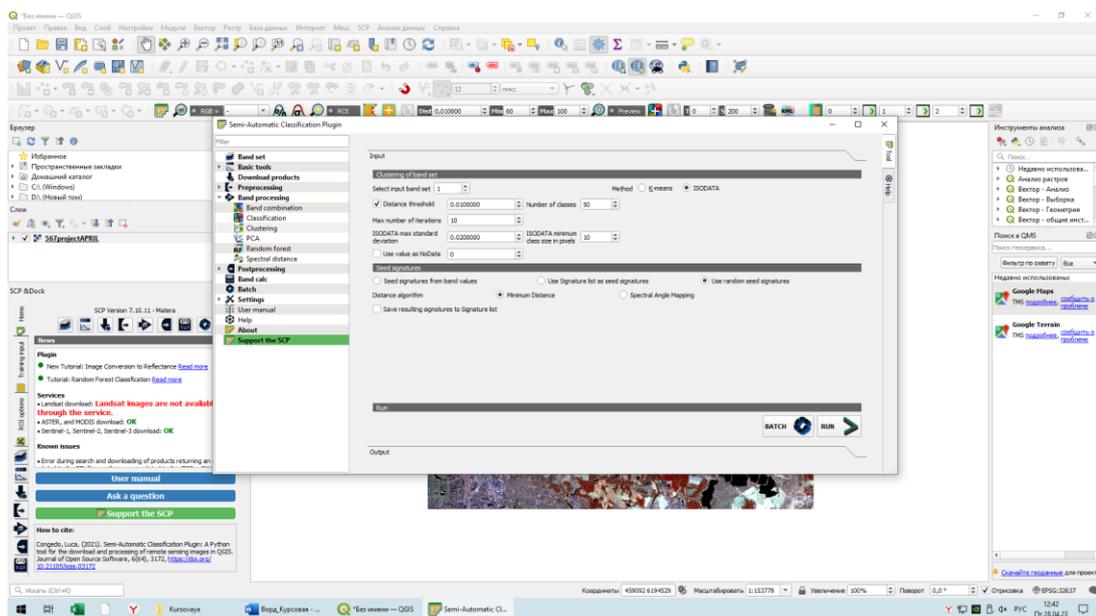


Рис. 23 – Classification Plugin

С помощью Classification Plugin разделяем изображение на классы пикселей.

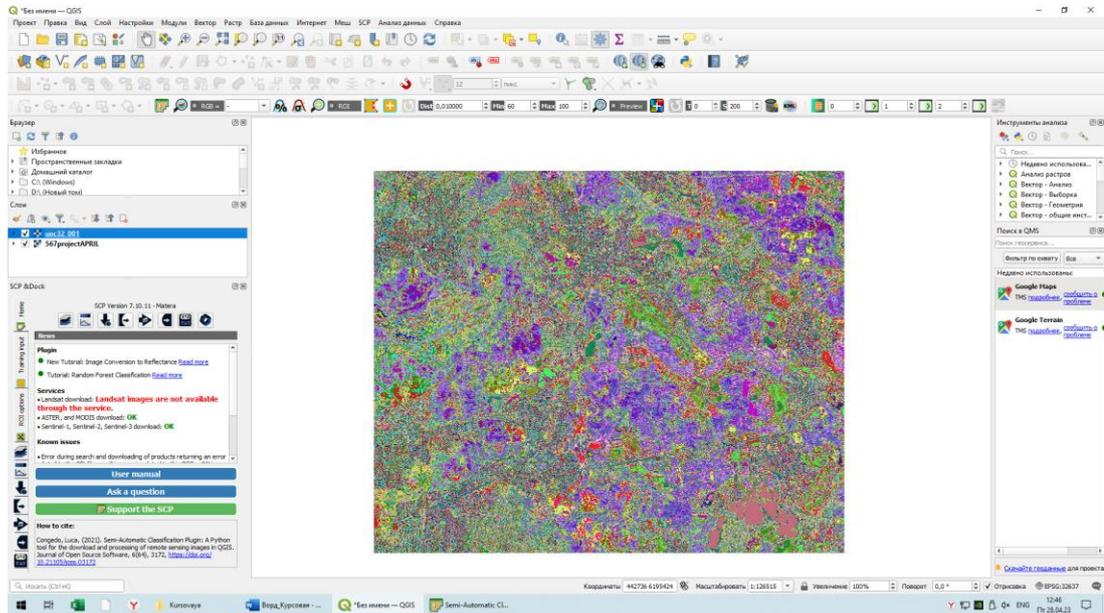


Рис. 24 – Результат  
После получения результата в QGIS, стоит попробовать провести классификацию в ERDAS и сравнить результаты.

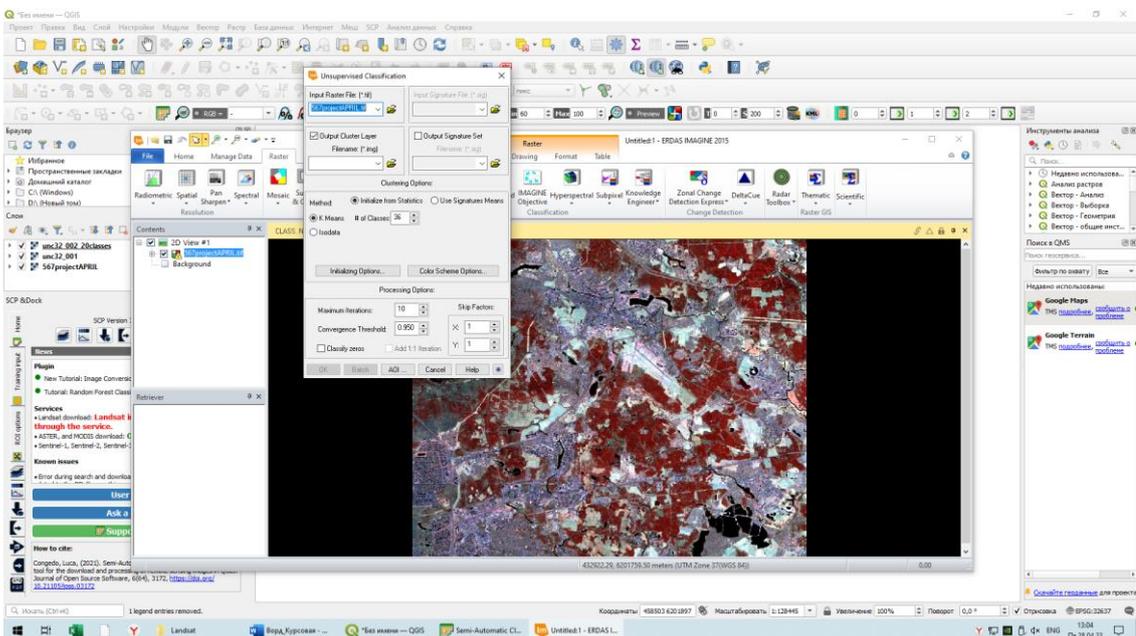


Рис. 25 – Работа в ERDAS  
В ERDAS делим изображение на 36 классов.

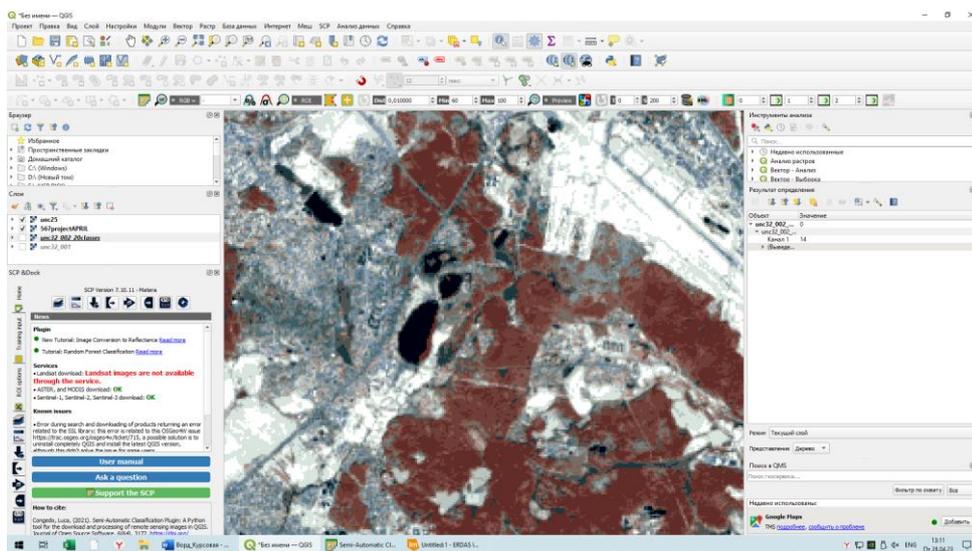


Рис. 26 – Итог работы в ERDAS

## 1.5 Выполнение контролируемой классификации с целью обновления информации о породном составе на выделах заданных лесных кварталах

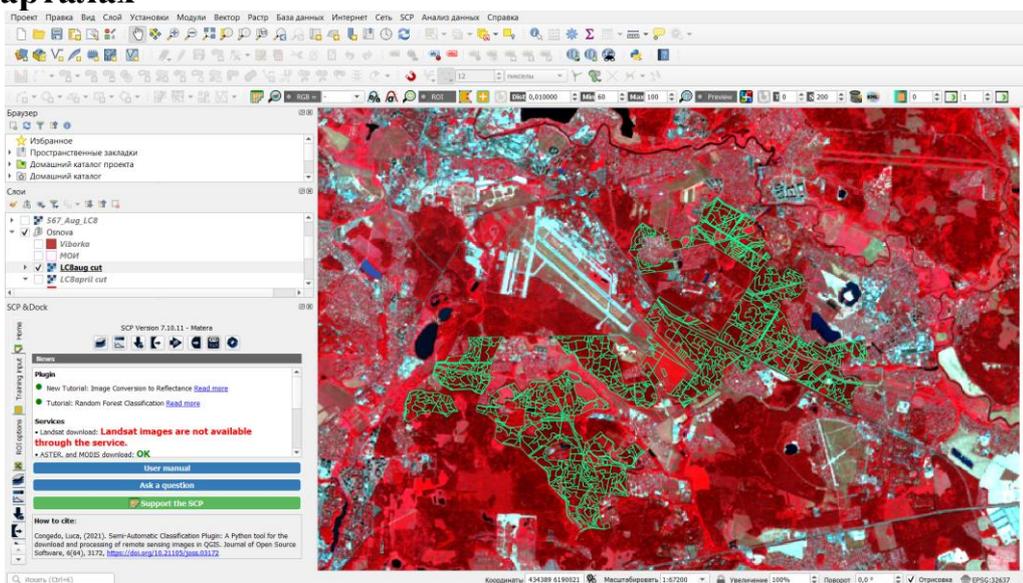


Рис. 27 – Территория

Формирование слоев для анализа и выбора эталонов, с целью контролируемой классификации.

В средней полосе выделяют 4 лесообразующих породы:

- Береза
- Осина
- Сосна
- Ель

Для того чтобы взять репрезентативный эталон для каждой породы его формула леса должна быть  $10n/9n/8n$ , где  $n$  – преобладающая порода.

Категории возраста:

- 1) Средневозрастные
- 2) Спелые
- 3) Приспевающие

Полнота  $\geq 0,6$

( "Формула состава" LIKE '10Б' ) and ( "Группа возраста" IN ( 'Средневозрастные', 'Спелые', 'Приспевающие' )) and "Полнота"  $\geq$  '0.6'

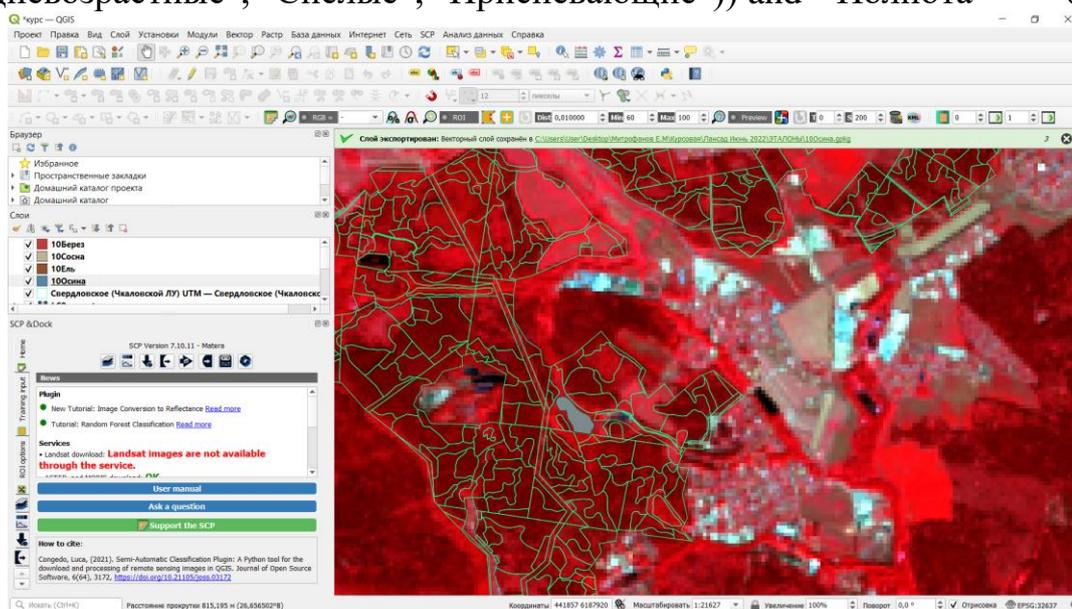


Рис. 28 – Поиск эталонов

Начинаем поиск эталонов для контролируемой классификации.

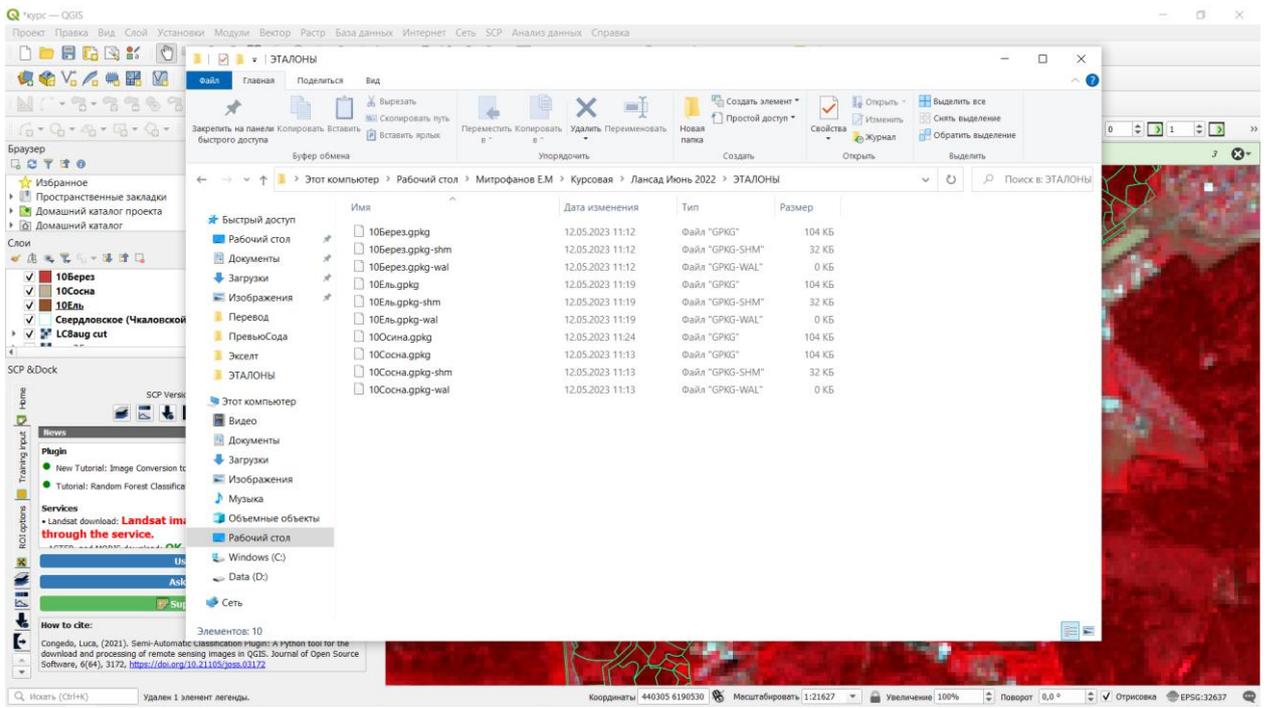
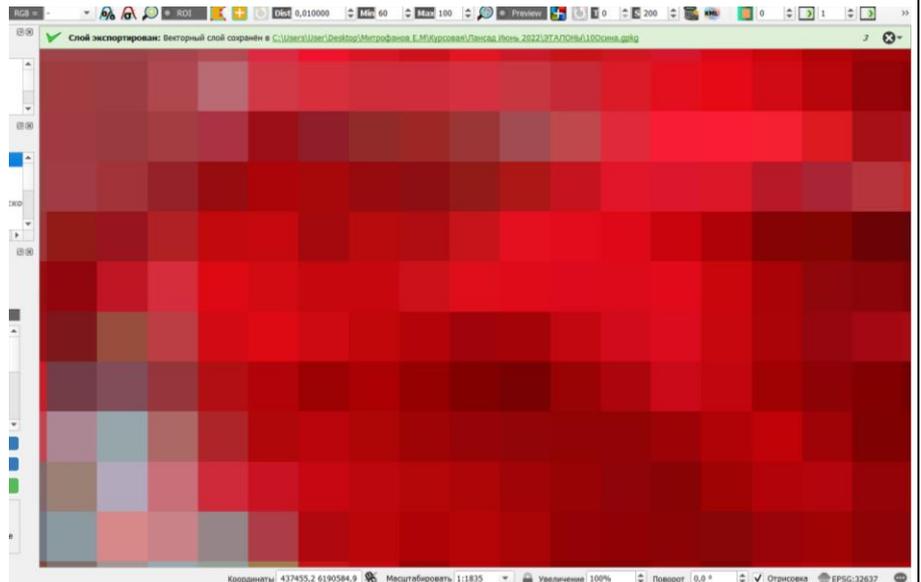
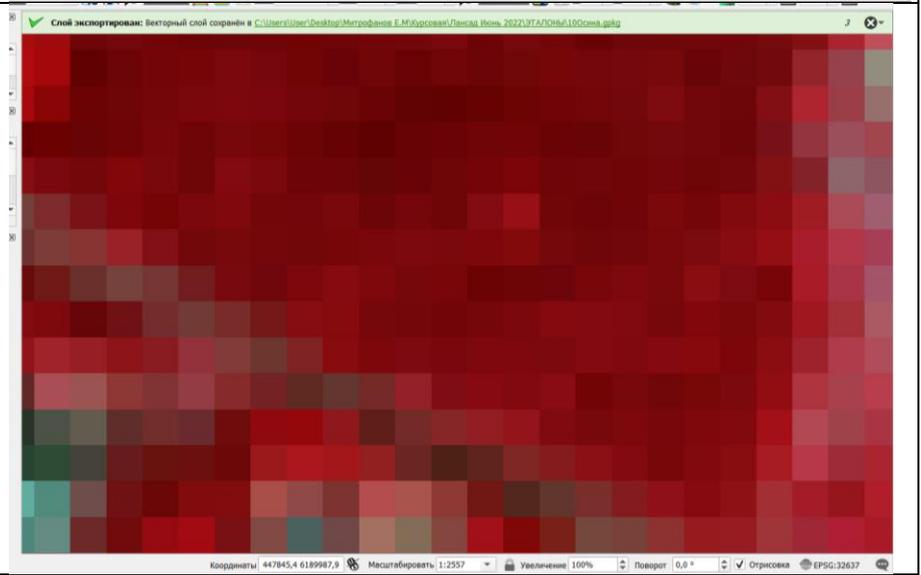


Рис. 29 – Полученные эталоны

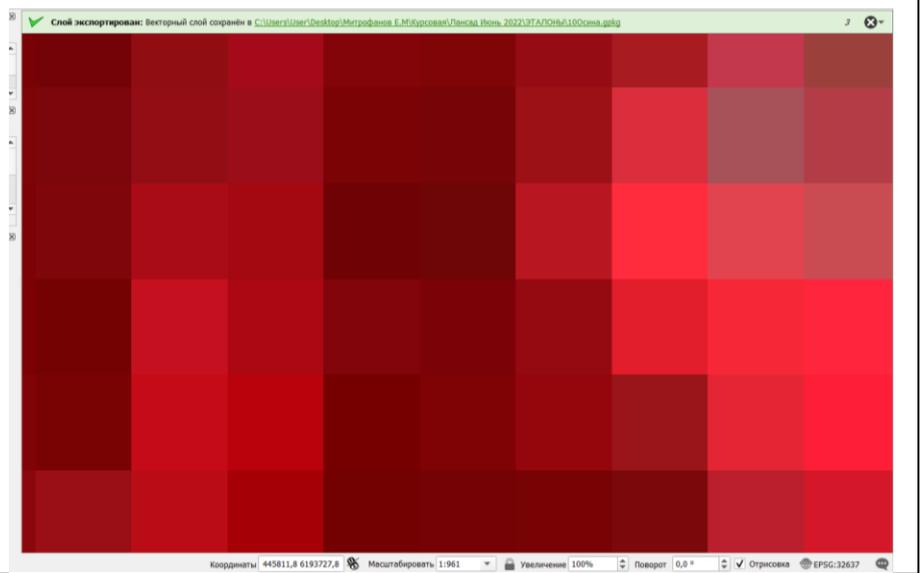
БЕРЕЗА



СОСНА



ЕЛЬ



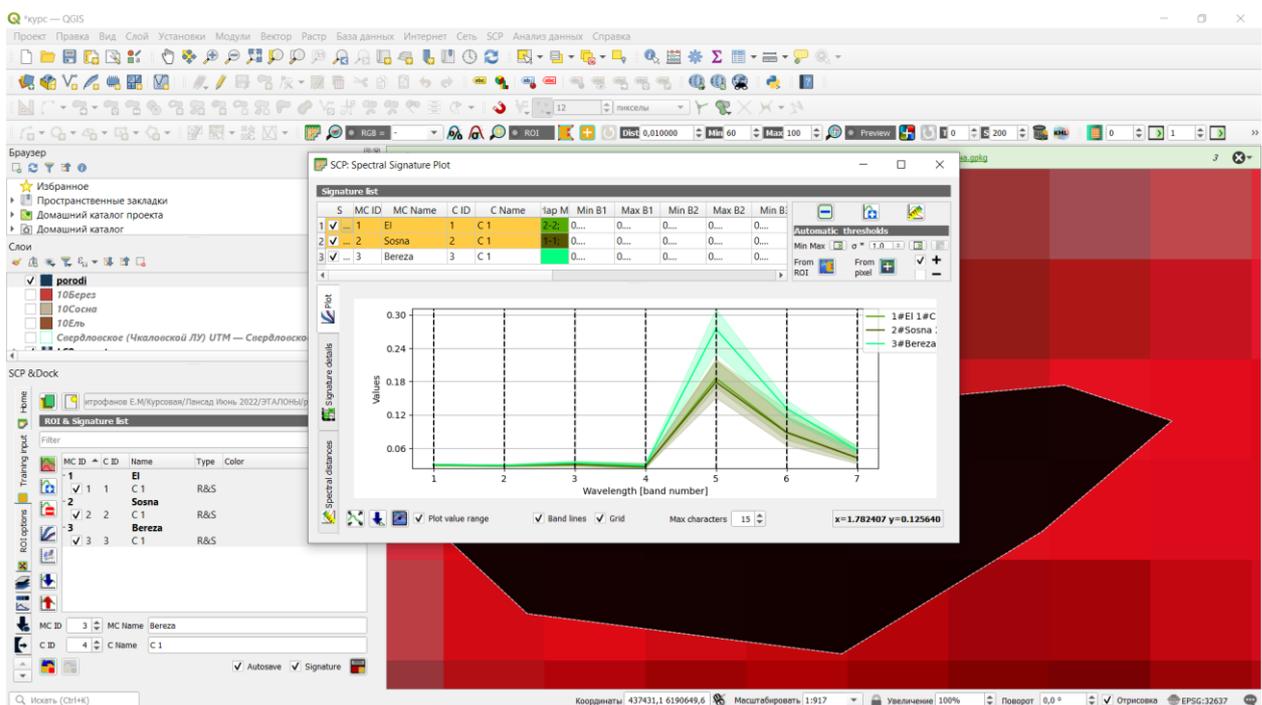
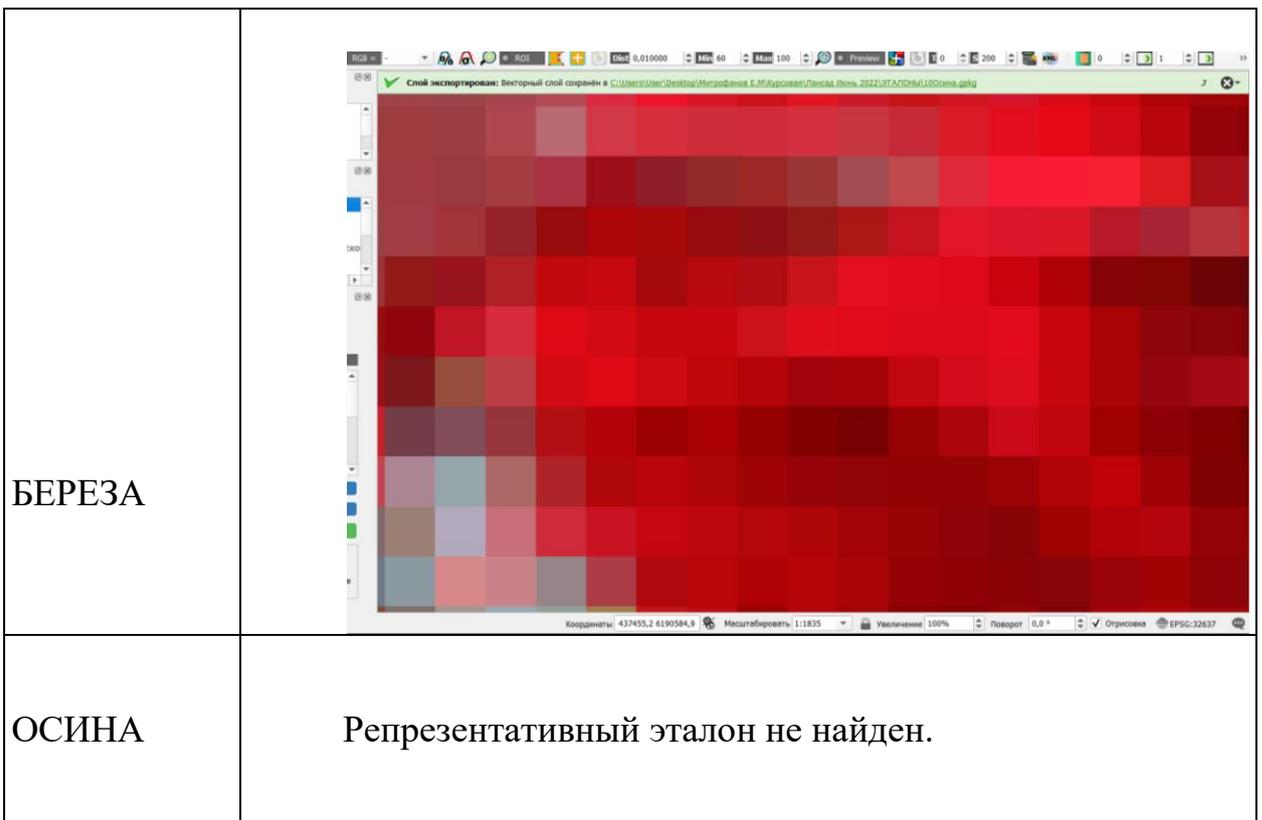


Рис. 30 – Spectral Signature Plot

Статистическая оценка эталонов показывает небольшие совпадения у Ели и Сосны, но в целом выбранные нами объекты разделимы выбранной классификацией.

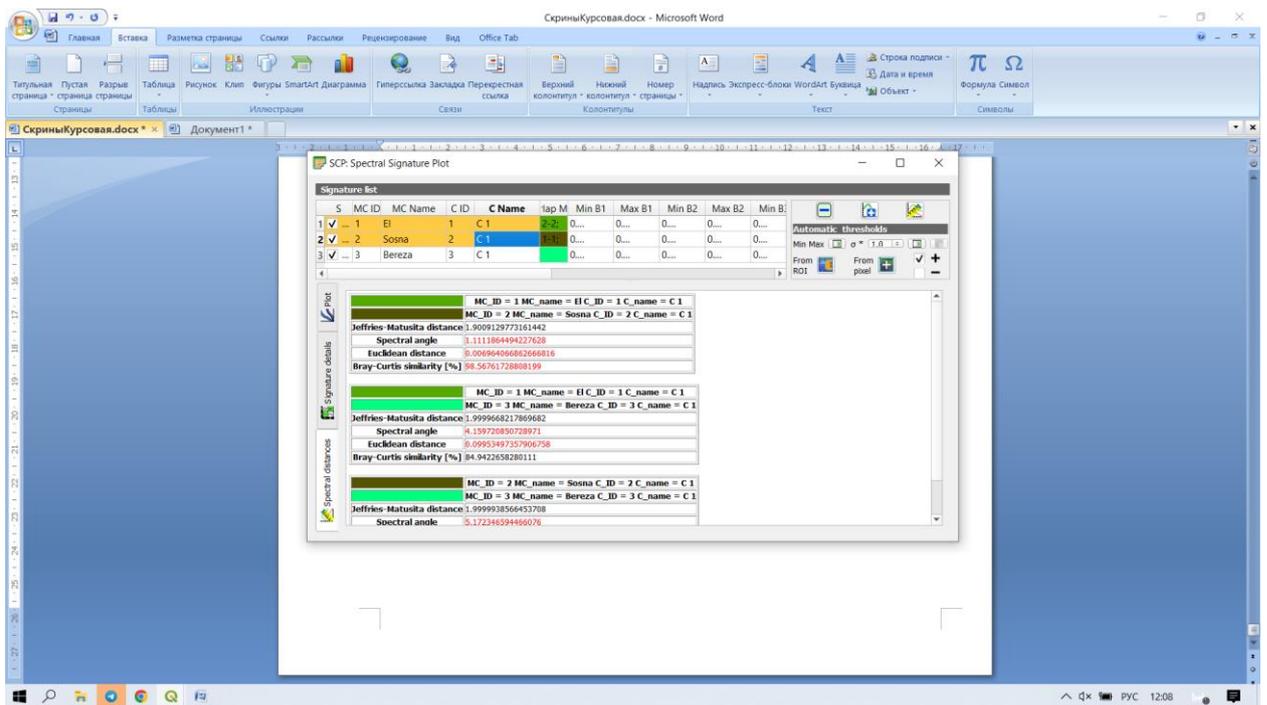


Рис. 31 – Сравнение Spectral

Прогноз методов дает нам вывод о том, что наиболее бесперспективным алгоритмом, для обработки этой сцены является спектрально-угловой метод. Наилучшие результаты должен дать метод максимального правдоподобия.

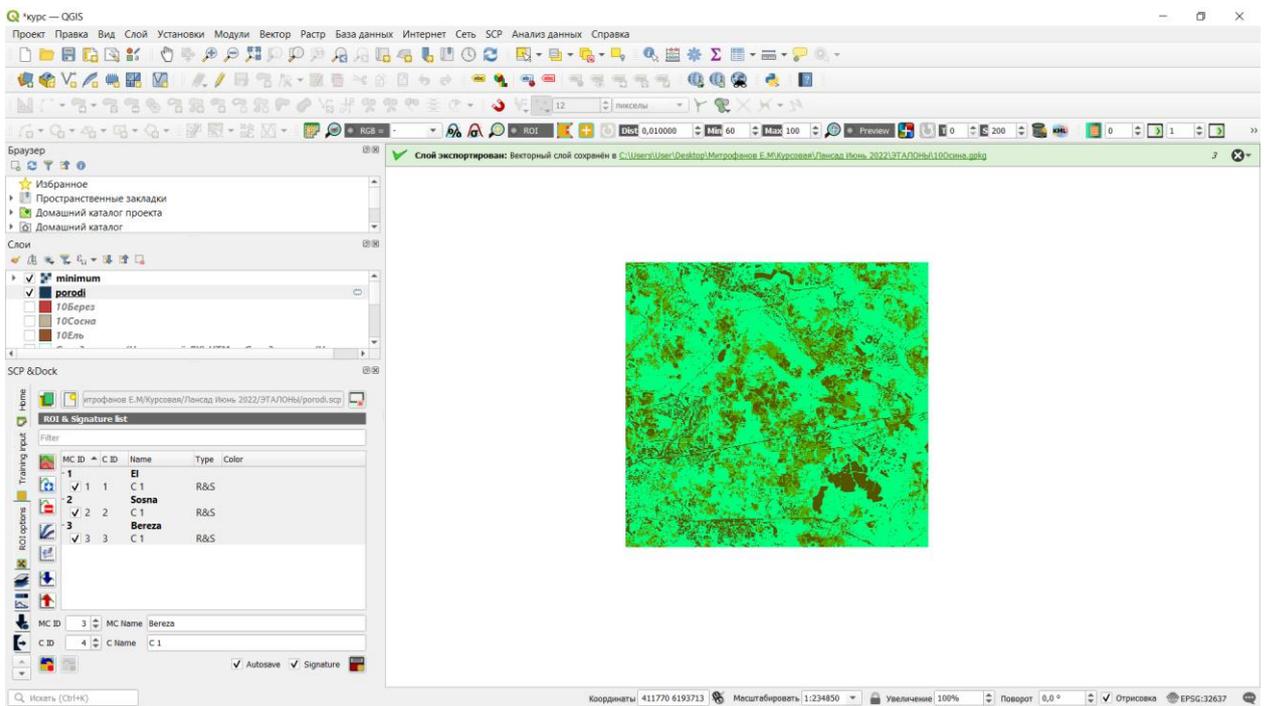


Рис. 32 – Minimum

Метод минимального правдоподобия (ММП) – альтернатива методу максимального правдоподобия (ММП1), используемому в математической статистике.

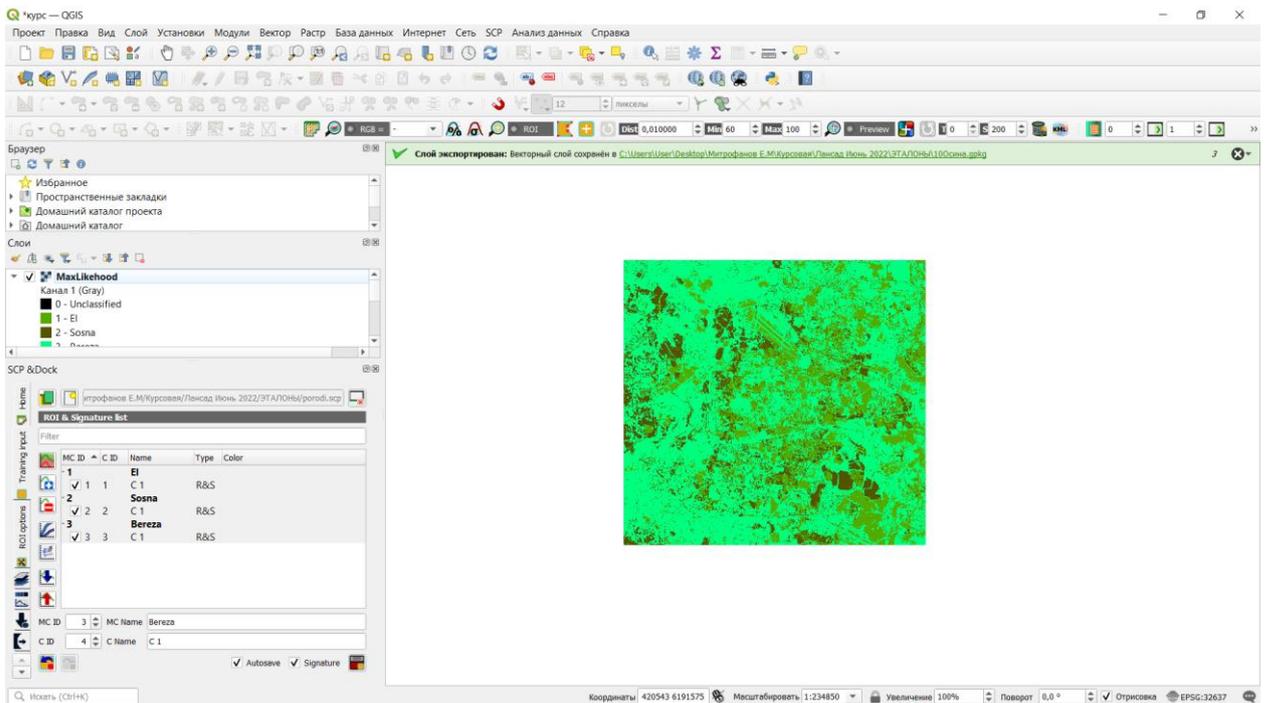


Рис. 33 – MaxLikelihood

Метод максимального правдоподобия или метод наибольшего правдоподобия (ММП, ML, MLE — англ. maximum likelihood estimation) в математической статистике — это метод оценивания неизвестного параметра путём максимизации функции правдоподобия. Основан на предположении о том, что вся информация о статистической выборке содержится в функции правдоподобия.

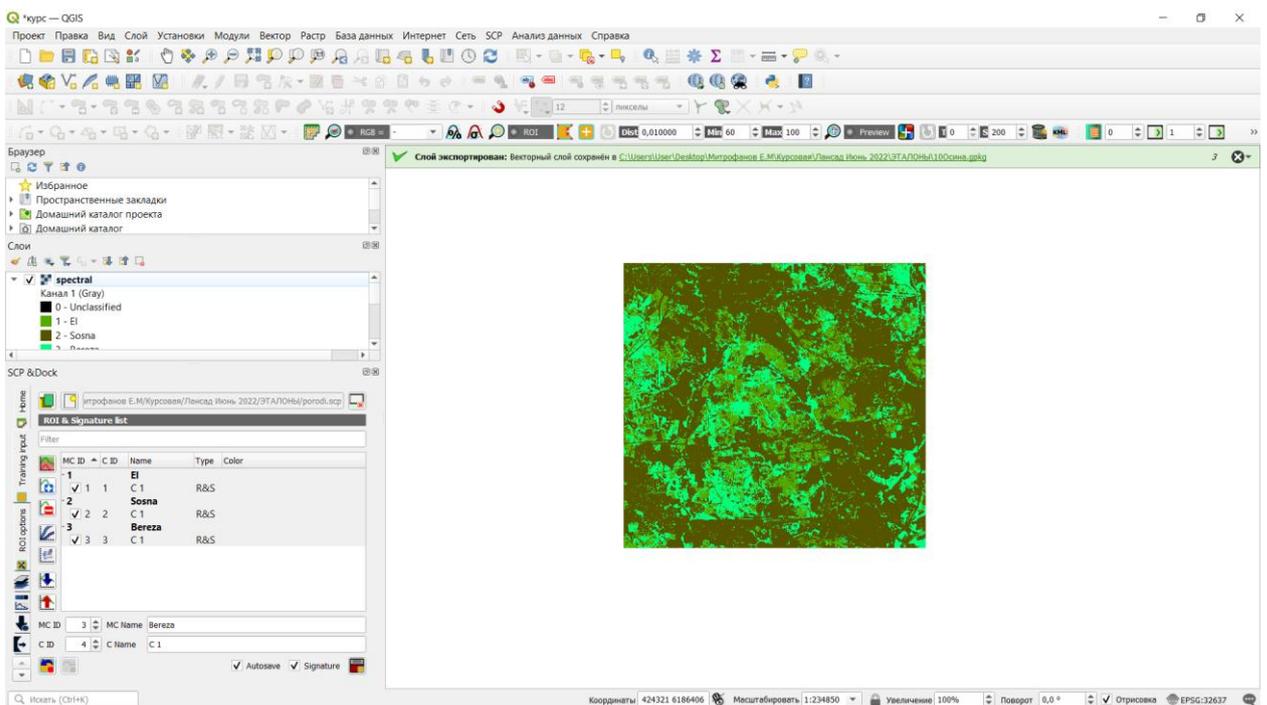


Рис. 34 - Spectral

## Spectral – самый подходящий

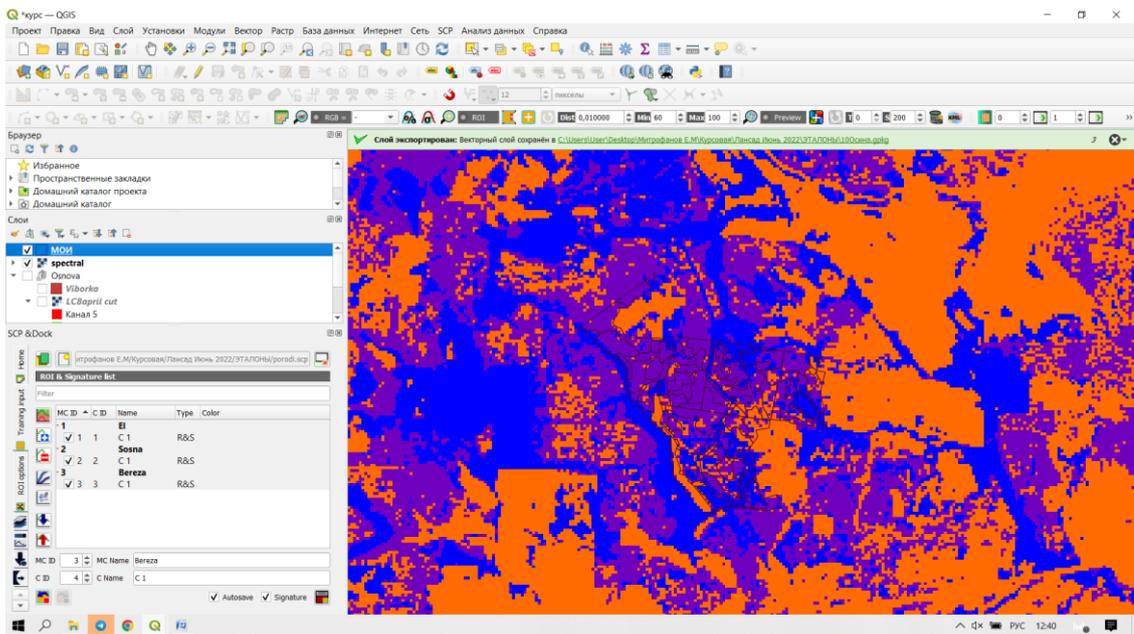


Рис. 35 – Spectral с выделами

Подготовка к автоматизированному обновлению преобладающей породы для лесных выделов

Индификаторы классов по породам:

- Ель
- Сосна
- Береза

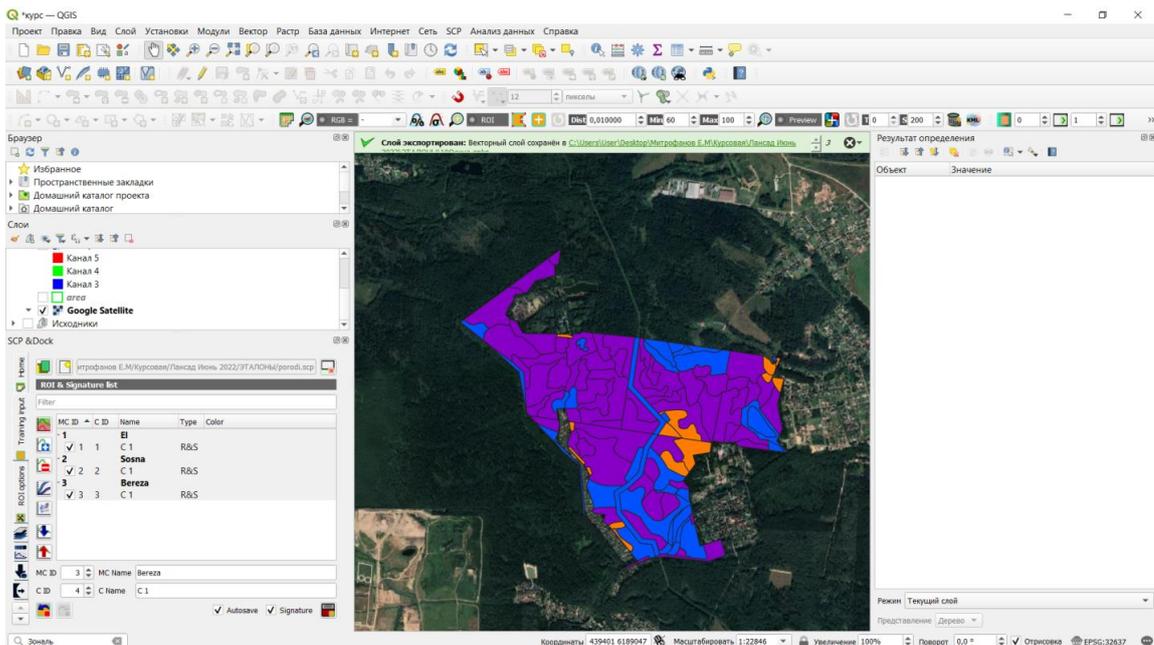


Рис. 36 – Разделение по породам

## 1.6 Создание набора индексных изображений и получение их значений для заданных выделов

Очень часто при работе лесопокрытых территорий используются индексные изображения различного типа и назначения. Очень часто они носят субэлементарный характер и служат как вспомогательные материалы при анализе и моделировании. Для того, чтобы выходить на точные оценки по вегетационным индексам, нужны надежные наземные данные.

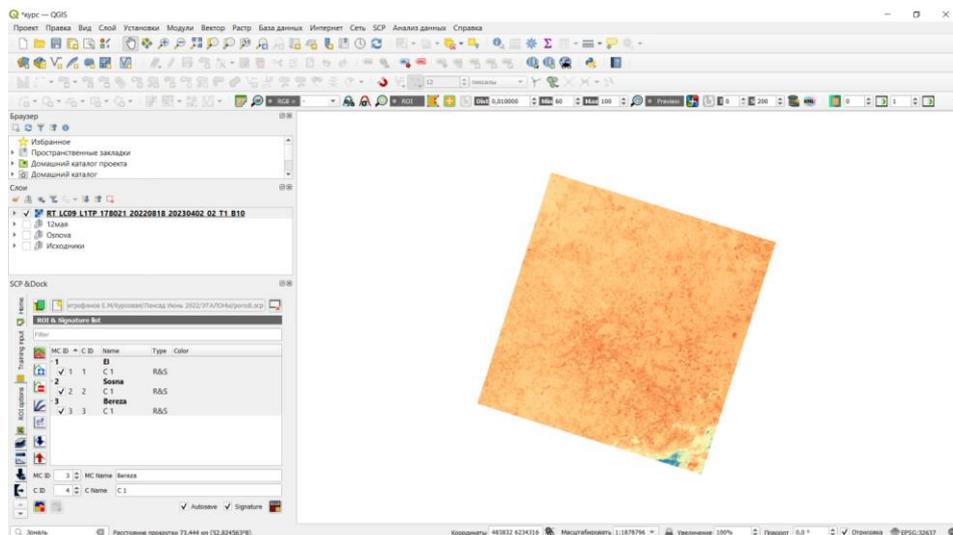


Рис. 37 – Индекс температуры земной поверхности

При оценке температуры земной поверхности по данным Landsat нужно учитывать два фактора, которые определяют разнообразие методов расчета температуры и, соответственно, различающийся итоговый результат и точность оценки. Это:

- Коррекция снимков Landsat
- Учет разного характера излучательной способности земной поверхности (emissivity)

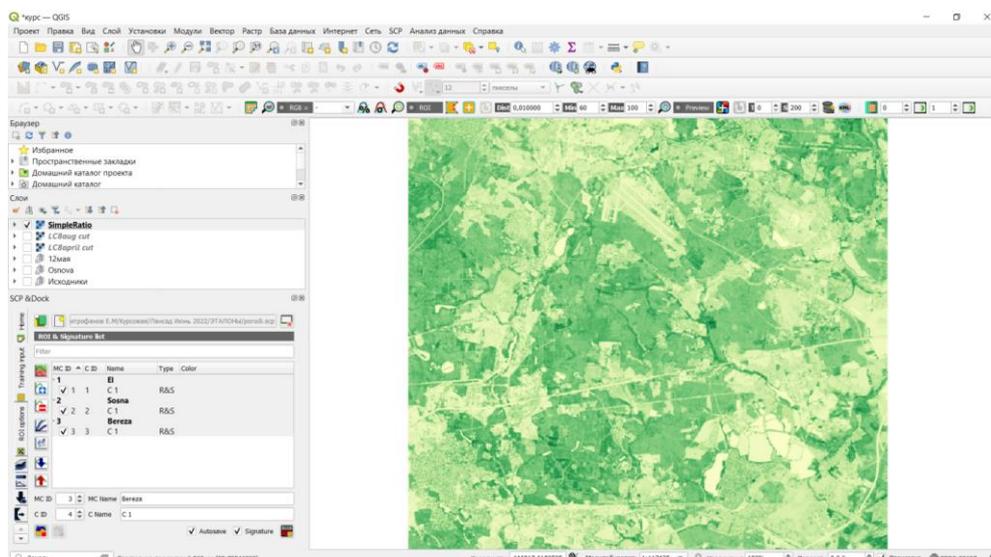


Рис. 38 – SimpleRatio

Метод Простое отношение дальнего ИК-диапазона (Red-Edge Simple Ratio (SRre)) является общим индексом вегетации для оценки количества растительности. Это отношение света, рассеянного в ближнем и дальнем ИК-диапазонах, таким образом вводится поправка за искажения за счет атмосферы и топографии.

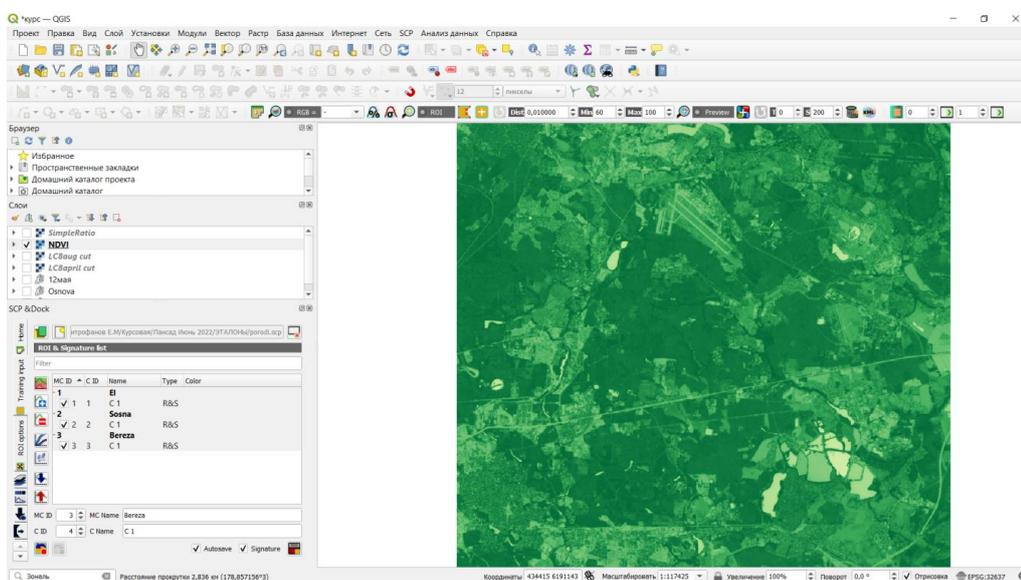


Рис. 39 – NDVI

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованный относительный индекс растительности — простой показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Этот индекс вычисляется по поглощению и отражению растениями лучей красной и ближней инфракрасной зоны спектра. Значения индекса для растительности лежат в диапазоне от 0,20 до 0,95. Чем лучше развита

растительность во время вегетации, тем выше значение NDVI. Таким образом, NDVI – это индекс, по которому можно судить о развитии зеленой массы растений во время вегетации.

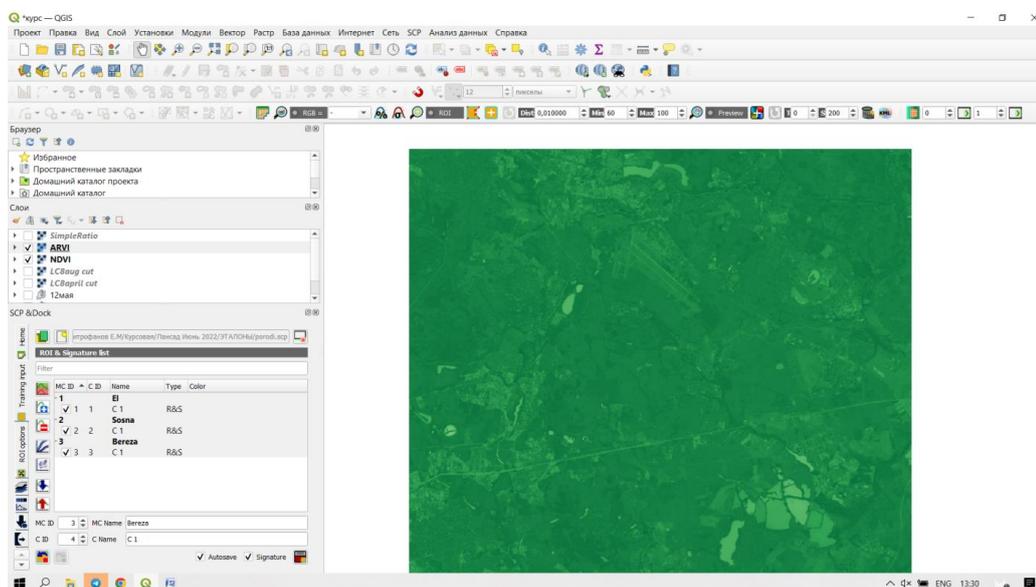


Рис. 40 – ARVI

Индекс ARVI – это первый инструмент на основе спутниковых данных, на который относительно мало влияют атмосферные факторы (например, аэрозоли). Вегетационный индекс ARVI рассчитали Кауфман (Kaufman) и Танре (Tanré).

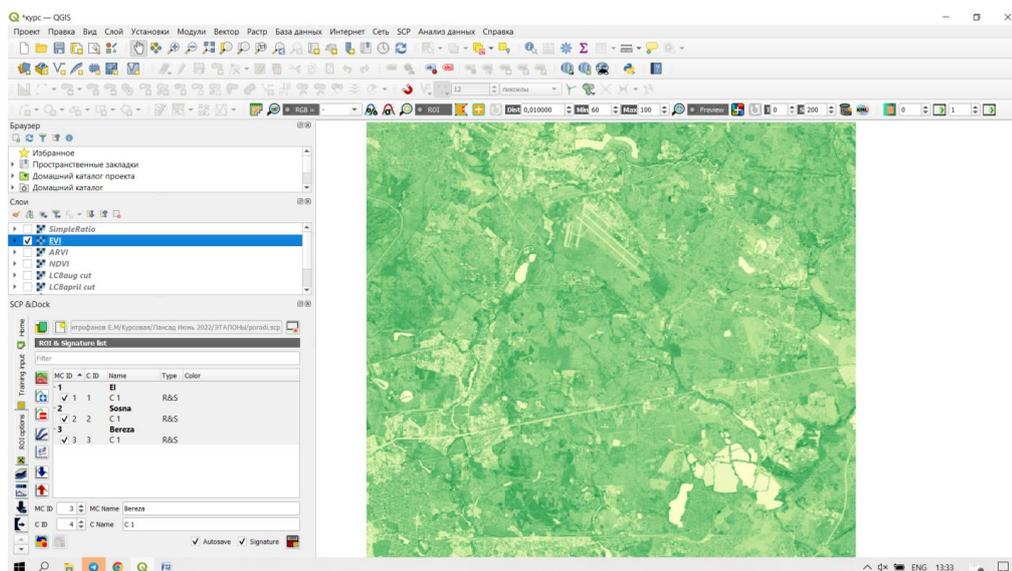


Рис. 41 – EVI

EVI (англ. Enhanced Vegetation Index) - усовершенствованный вегетационный индекс. Разработан как улучшение NDVI путем оптимизации сигнала растительности в областях с высоким индексом листовой поверхности

(LAI). Индекс использует синюю область отражения для коррекции фоновых сигналов почвы и уменьшения атмосферных воздействий, в том числе аэрозольного рассеяния. Наиболее полезен в регионах с высоким уровнем LAI, где NDVI может перенасыщаться. Значения EVI для вегетационных пикселей должны находиться в диапазоне от 0 до 1. Яркие объекты, такие как облака и белые здания, наряду с темными объектами, такими как вода, могут привести к аномальным значениям пикселей в изображении EVI. Используется для оценки изменчивости развития культур как в условиях густого растительного покрова, так и в условиях разреженной растительности.

### 1.7 Определение классов пожарной опасности для каждого выдела

Класс природной пожарной опасности лесов	Объект загорания (характерные типы леса, вырубок, лесных насаждений и безлесных пространств)	Наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность периода их возможного возникновения и распространения
1	2	3
I (природная пожарная опасность - очень высокая)	Хвойные молодняки. Места сплошные рубок: лишайниковые, вересковые, вейниковые и другие типы вырубок по суходолам (особенно захламленные). Сосняки лишайниковые и вересковые. Расстроенные, отмирающие и сильно поврежденные древостои (сухостой, участки бурелома и	В течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, а на участках с наличием древостоя - верховые. На вейниковых и других травяных типах вырубок по суходолу особенно значительна пожарная опасность весной, а в некоторых районах и осенью.

	ветровала, недорубы), места сплошных рубок с оставлением отдельных деревьев, выборочных рубок высокой и очень высокой интенсивности, захламленные гари.	
II (природная пожарная опасность - высокая)	Сосняки-брусничники, особенно с наличием соснового подроста или подлеска из можжевельника выше средней густоты. Лиственничники кедрово-стланниковые.	Низовые пожары возможны в течение всего пожароопасного сезона; верховые - в периоды пожарных максимумов (периоды, в течение которых число лесных пожаров или площадь, охваченная огнем, превышает средние многолетние значения для данного района).
III (природная пожарная опасность - средняя)	Сосняки-кисличники и черничники, лиственничники-брусничники, кедровники всех типов, кроме приручейных и сфагновых, ельники-брусничники и кисличники.	Низовые и верховые пожары возможны в период летнего максимума, а в кедровниках, кроме того, в периоды весеннего и особенно осеннего максимумов.
IV (природная пожарная опасность - слабая)	Места сплошных рубок таволговых и долгомошниковых типов (особенно захламленные). Сосняки, лиственничники и лесные насаждения лиственных древесных пород в условиях травяных	Возникновение пожаров (в первую очередь низовых) возможно в травяных типах леса и на таволговых вырубках в периоды весеннего и осеннего пожарных максимумов; в остальных типах леса и на долгомошниковых

	<p>типов леса. Сосняки и ельники сложные, липняковые, лещиновые, дубняковые, ельники- черничники, сосняки сфагновые и долгомошники, кедровники прирученные и сфагновые, березняки- брусничники, кисличники, черничники и сфагновые, осинники- кисличники и черничники, мари.</p>	<p>вырубках - в периоды летнего максимума.</p>
<p>V (природная пожарная опасность - отсутствует</p>	<p>Ельники, березняки и осинники долгомошники, ельники сфагновые и прирученные. Ольшаники всех типов.</p>	<p>Возникновение пожара возможно только при особо неблагоприятных условиях (длительная засуха).</p>

#### ПРОСТАЯ ТАБЛИЦА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ

№	ПОРОДЫ	ВОЗРАС	ТЛУ
1	Хвоя (Сосны, Ели)	Молодняки	А 0-3
2	Сосны, Ели	Не Молодняки	Б 0-3
3	Сосны, Ели	Не Молодняки	С 0-3
4	Все Породы	Не Молодняки	Д 0-3
5	Прочее	Прочее	% 4-5

По результату анализа можно сделать вывод о том, что для данного фрагмента лесничества классы пожарной опасности, характеризующие высокий и очень высокий классы пожарной опасности, отсутствует. Это позволит выполнять меньший объем противопожарных мероприятий CASE.

```

WHEN
("Порода преобладающая" IN ( 'C' , 'E' )) and ("Группа возраста" is
'Молодняки второй группы') and ( "ТЛУ" in ('A0','A1','A2','A3')) THEN '1'
WHEN
("Порода преобладающая" IN ( 'C' , 'E' )) and ("Группа возраста" <>
'Молодняки второй группы') and ( "ТЛУ" in ('B0','B1','B2','B3')) THEN '2'
WHEN
("Порода преобладающая" IN ( 'C' , 'E' )) and ("Группа возраста" <>
'Молодняки второй группы') and ( "ТЛУ" in ('C0','C1','C2','C3')) THEN '3'
WHEN
("Группа возраста" <> 'Молодняки второй группы') and ( "ТЛУ" in
('D0','D1','D2','D3')) THEN '4'
ELSE '5'
END

```

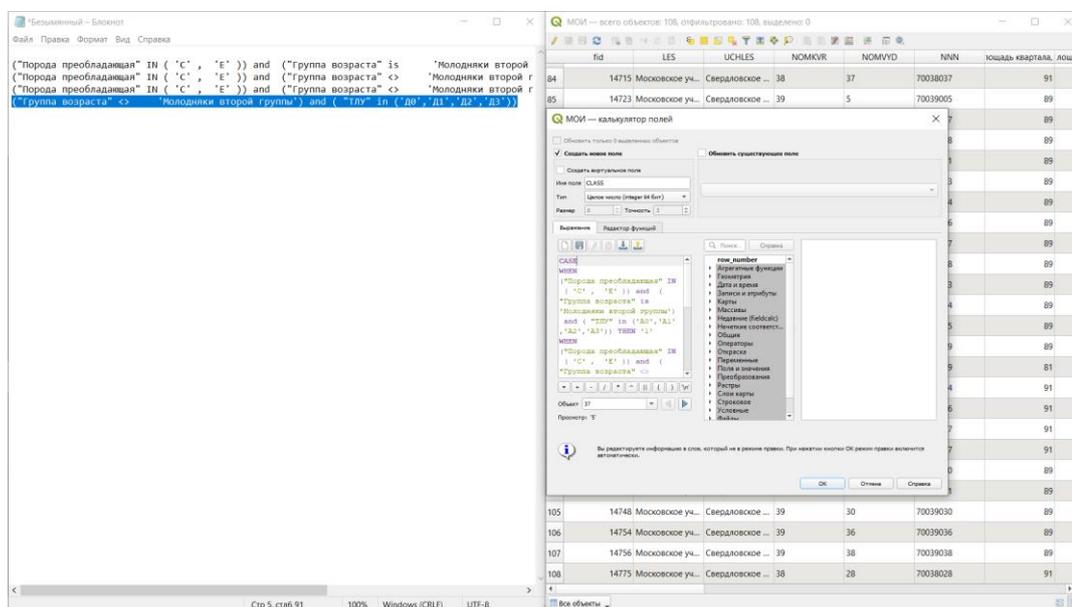


Рис. 42 – Создание выражений

Комплексный запрос автоматизированно назначающий категории пожарной опасности по заданным параметрам.

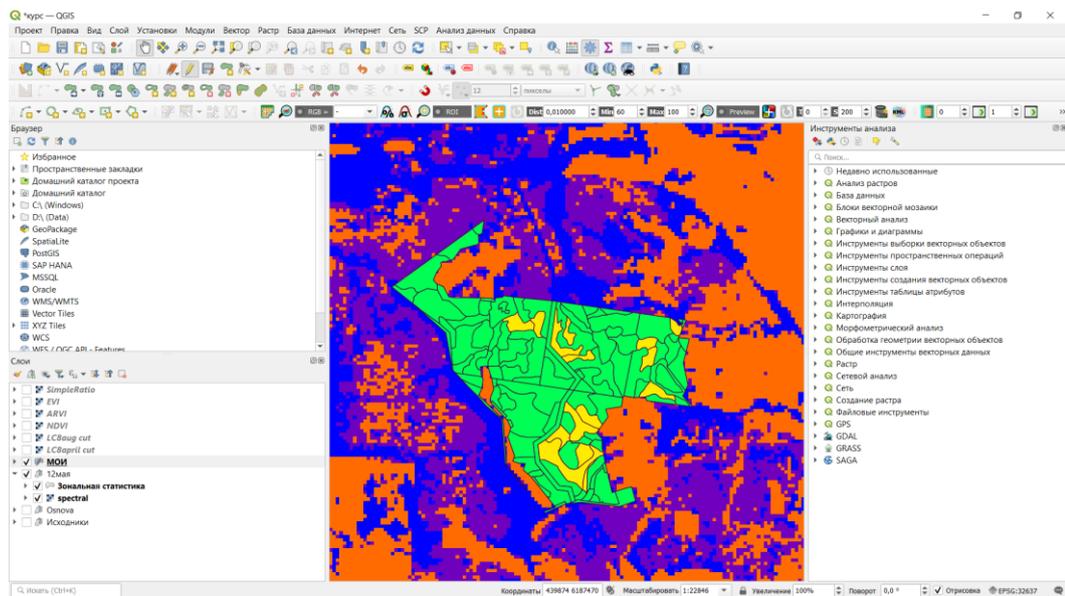


Рис. 43 – Итог

## 1.8 Формирование набора картографической продукции по полному проекту

Создаем макеты по нужным задачам, макеты будут приложены в приложении.

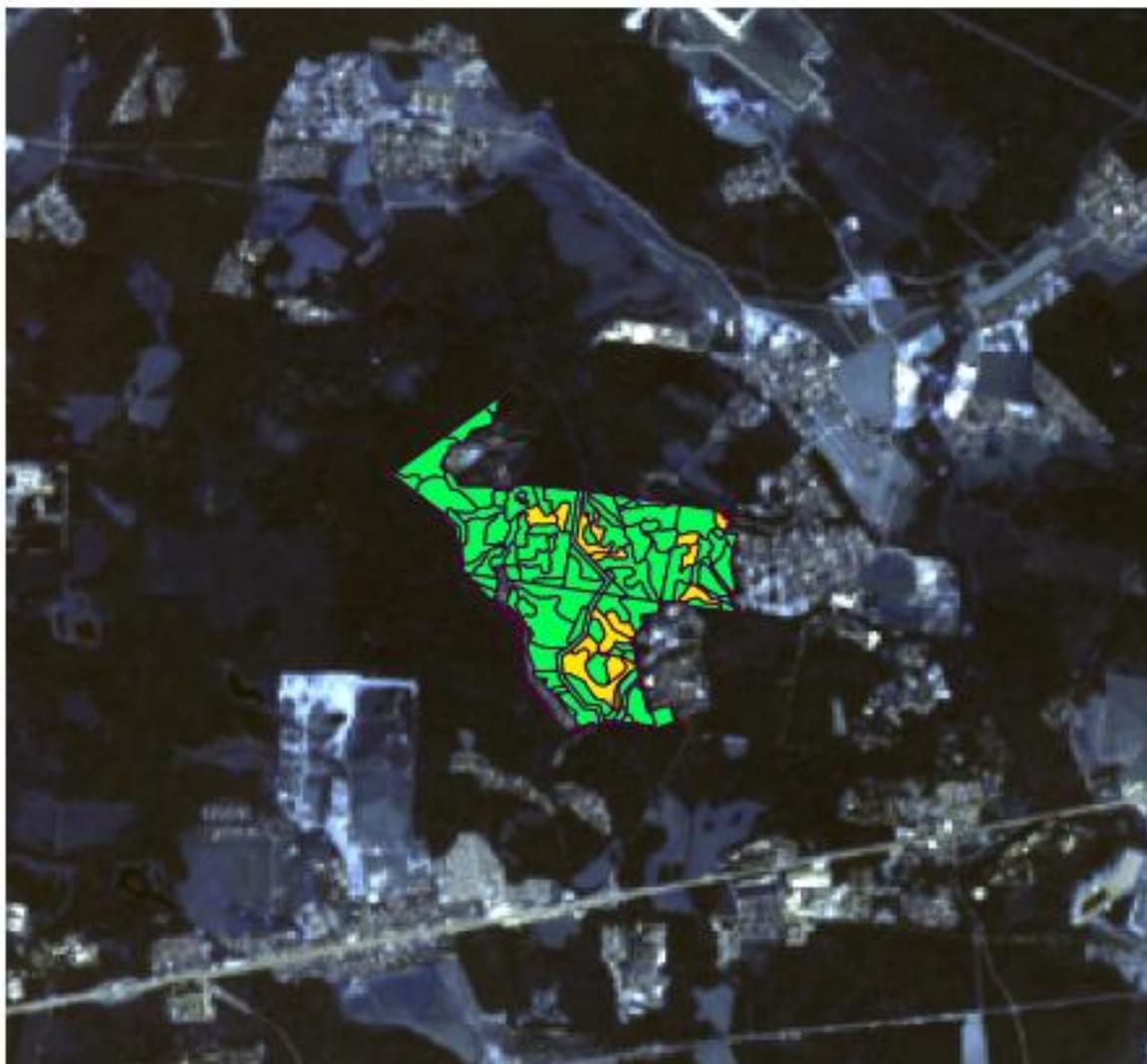
## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В итоге всей работы, мы выполнили все задачи, которые были поставлены в самом начале работы. Закончили нашу работу, выполнив заключительный этап – определили классы пожарной опасности для каждого выдела, благодаря простой таблице формирования условий, а также с помощью простого запроса в калькуляторе полей.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Фрагмент снимка Лансад 8 на территорию, прошедший атмосферную коррекцию



0 750 1 500 м



МОИ

3

5

Исходники

LC8junesecnd

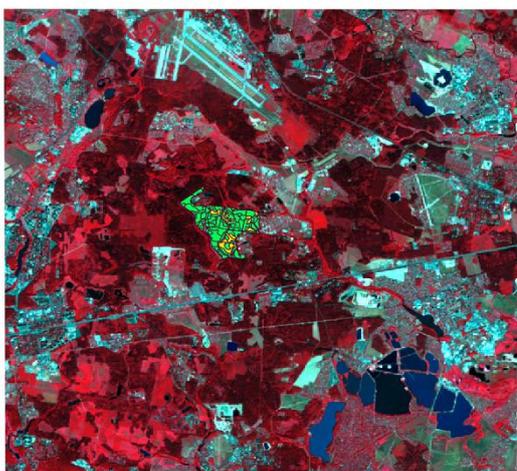
Канал 1 (Gray)

Канал 2

Канал 3

ПОЛИТОВ М.А.  
К7-62Б

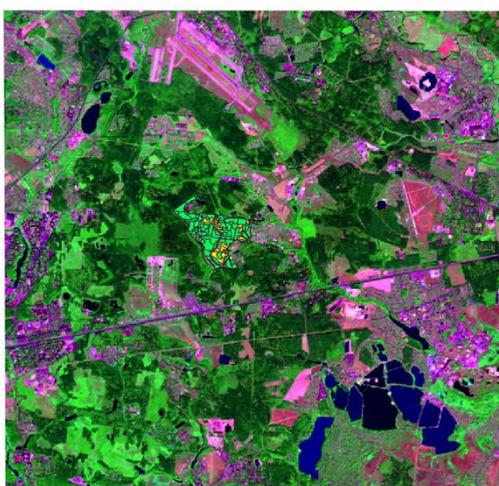
# Синтезные изображения



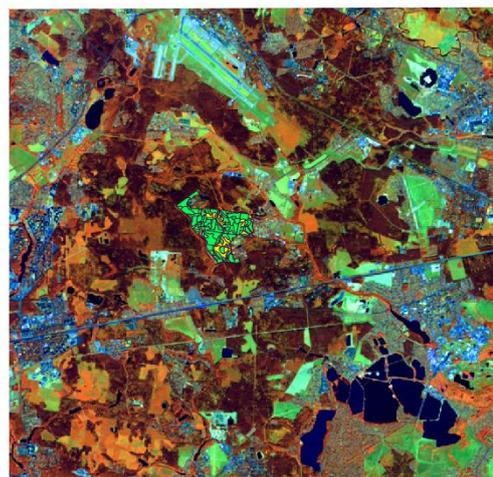
ПСЕВДОЦВЕТА (5,3,4)



ЕСТЕСТВЕННЫЕ (4,3,2)



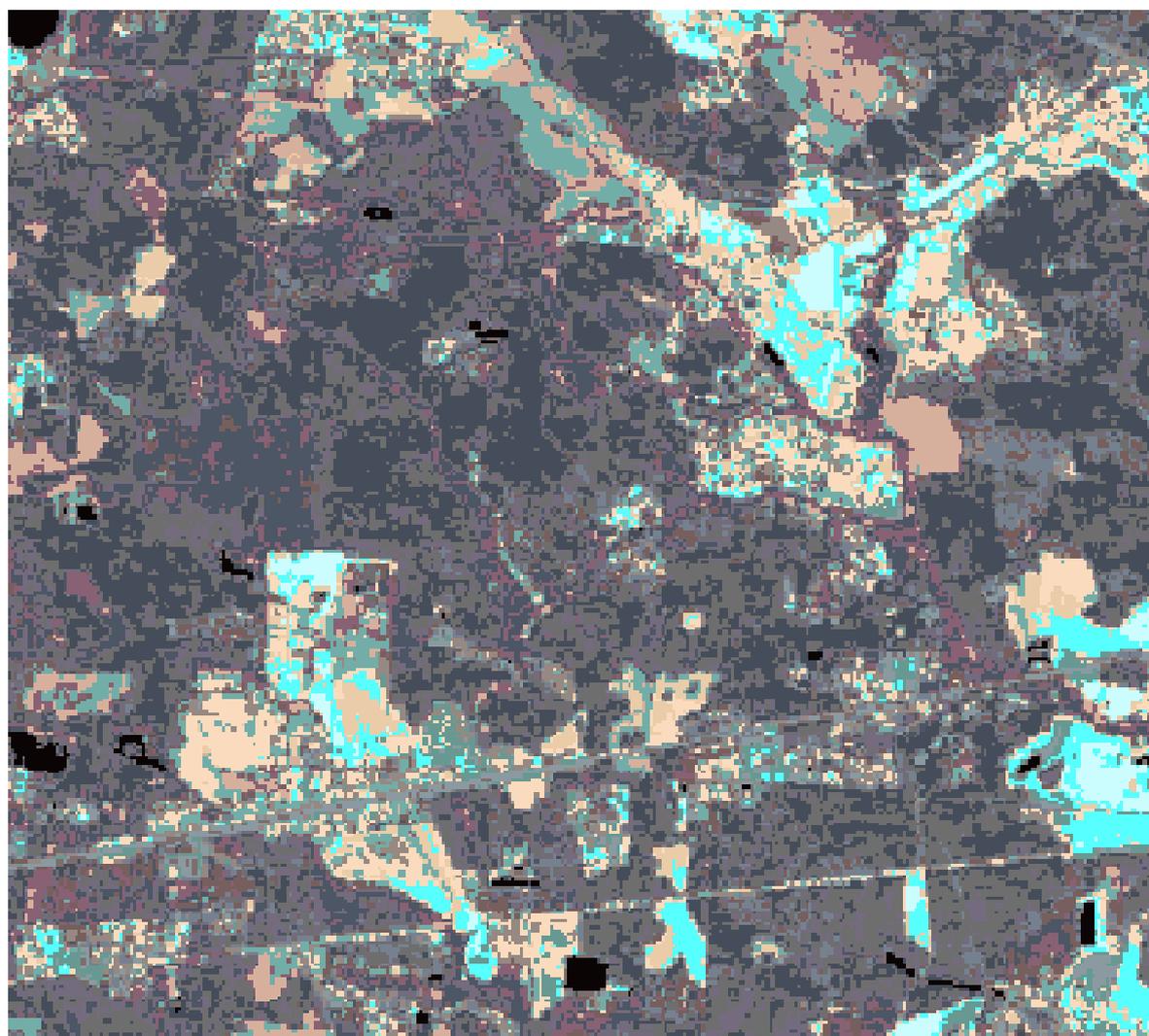
РАСШИРЕННЫЙ ИК (7,5,3)



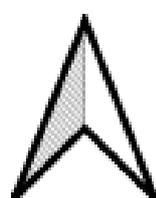
NIR + SWIR + VCU (5,6,2)

ПОЛИТОВ М.А.  
К7-62Б

## Карта основных ИК типов с легендой



0 750 1 500 м



unc25

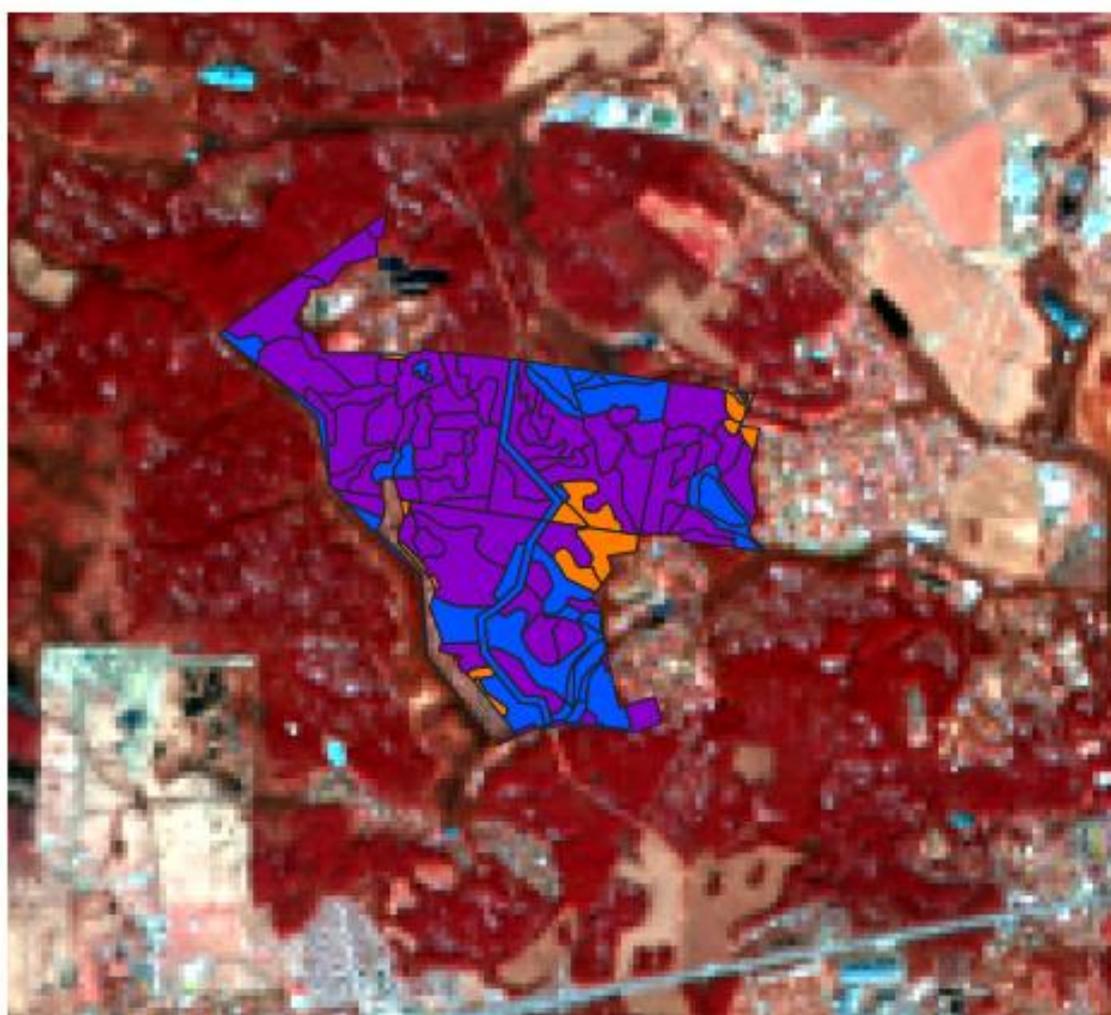
Канал 1: Layer\_1 (Palette)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18

ПОЛИТОВ М.А.  
К7-62Б

## Определение преобладающей породы на выделах автоматизированными методами



0 500 1 000 м



Зональная статистика



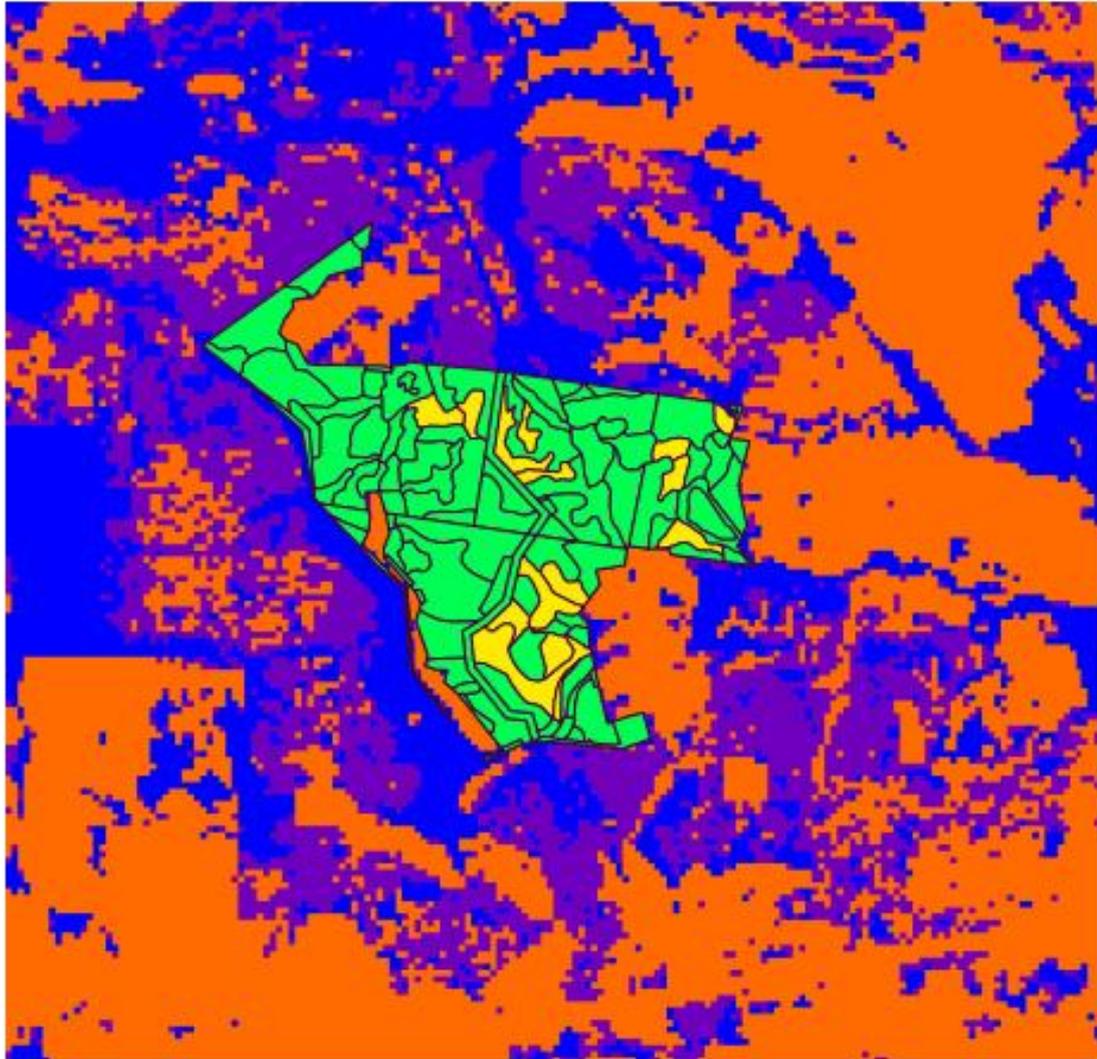
Ель

Береза

Сосна

ПОЛИТОВ М.А.  
К7-62Б

## Определение классов пожарной опасности для каждого выдела



0 500 1 000 м



Классы

3

5

ПОЛИТОВ М.А.  
К7-62Б