

Санкт-Петербургский государственный университет

**ЮСУПОВА Лилия Данияровна**  
**Выпускная квалификационная работа**

**КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО ДАННЫМ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Уровень образования: магистратура  
Направление 05.04.03 «Картография и геоинформатика»  
ВМ.5523 «Геоинформационное картографирование»

Научный руководитель:  
к.т.н. СПбГУ  
Паниди Евгений Александрович  
Рецензент: к. б.н., инженер – эколог  
ЗАО «Экопроект»  
Давидовская Елена Николаевна

Санкт-Петербург  
2020

## Содержание

	Введение.....	3
1	Основные теоретические аспекты вопроса.....	5
2	Анализ современного состояния мониторинга нарушенных земель с помощью данных дистанционного зондирования.....	10
3	Использование данных дистанционного зондирования и геоинформационных систем при проведении мониторинга нарушенных земель.....	13
3.1	Дистанционное зондирование: основы получения данных дистанционного зондирования.....	13
3.2	Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга нарушенных земель.....	14
4	Разработка методики мониторинга нарушенных земель с помощью ДДЗ для исследуемой территории.....	18
4.1	Методика проведения мониторинга нарушенных земель.....	18
4.2	Физико-географическая характеристика территорий.....	22
4.2.1	Обоснование выбора исследуемых территорий.....	22
4.2.2	Физико-географическая характеристика г. Сибая.....	23
4.2.2	Физико-географическая характеристика Юрубчено-Тохомовского месторождения.....	25
4.2.3	Нарушенные земли исследуемых территорий.....	29
5	Комплексный мониторинг нарушенных земель исследуемого региона по данным дистанционного зондирования с использованием геоинформационных систем.....	34
5.1	Проведение мониторинга нарушенных земель.....	34
5.1.1	Общие данные о космическом аппарате Landsat -5, 7,8.....	34
5.1.2	Выбор космических снимков.....	34
5.1.3	Получение и обработка космических снимков.....	36
5.2	Анализ полученных результатов.....	42
5.3	Разработка рекомендаций.....	48
	Заключение.....	51
	Список использованных источников и литературы.....	52
	Приложение 1.....	56
	Приложение 2.....	62
	Приложение 3.....	65
	Приложение 4.....	66
	Приложение 5.....	68
	Приложение 6.....	69
	Приложение 7.....	70

## Введение

Развитие современной цивилизации привело к такому влиянию человека на окружающую среду, которое соизмеримо по своим масштабам с естественными процессами, происходящими в природе, а, следовательно, и к нарушению динамического равновесия на нашей планете.

Освоение природных богатств неизбежно сопровождается антропогенным преобразованием природной среды, в результате которых нарушаются сложившиеся биогеоценотические связи, изменяется рельеф земной поверхности и литологическая основа, уничтожается почвенно-растительный покров, уменьшается биоразнообразие. Еще большие площади испытывают косвенное влияние промышленности. Это все неблагоприятно сказывается на природе и условиях жизни человека. Предотвращение или сокращение негативных последствий антропогенной деятельности невозможно без изучения природы и природных процессов.

В связи с чем появляется необходимость выявления, наблюдения, прогноза динамики нарушенных земель и оценки влияния на окружающую среду, для последующей выработки мероприятий по предотвращению или минимизации возможного негативного влияния нарушенных земель на компоненты природы. По этой причине решение проблем охраны окружающей среды, рационального природопользования, становится одной из наиболее актуальных задач.

В настоящее время для обнаружения и мониторинга нарушенных земель активно используются дистанционные методы, которые обеспечивают получение необходимой информации о большинстве ключевых объектов окружающей среды, о всех подсистемах нашей планеты (геосфере, атмосфере, биосфере), их взаимодействии и о Земле как единой природной системе.

Современный уровень развития средств и методов исследования Земли из космоса, программных комплексов обработки космических данных и широкое распространение ГИС позволяют получать качественно новую информацию о состоянии территорий, объектов, процессах и динамике их изменения. Таким образом, использование этих средств в комплексе для экологического исследования природно-антропогенных систем дают возможность наиболее точно отразить состояние окружающей среды, проводить аналитические расчеты и принимать управленческие решения.

Целью работы является разработка методики мониторинга нарушенных земель и проведение мониторинга нарушенных земель на территории Республики Башкортостан (г. Сибай) и Красноярского края (Юрубчено-Тохомовское месторождение).

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. анализ предметной области и обзор существующих решений в области мониторинга нарушенных земель с помощью данных дистанционного зондирования (ДДЗ);
2. разработка методики мониторинга нарушенных земель с помощью ДДЗ для территории Республики Башкортостан (г. Сибай) и Красноярского края (Юрубчено-Тохомовское месторождение);
3. рассмотреть физико-географические особенности г. Сибая и Юрубчено-Тохомовского месторождения;
4. проведение комплексного мониторинга нарушенных земель с помощью ДДЗ на территории Республики Башкортостан (г. Сибай) и Юрубчено-Тохомовского месторождения;
5. проведение анализа полученных результатов.

Объектом исследования являются нарушенные земли территории Республики Башкортостан (г. Сибай) и Красноярского края (Юрубчено-Тохомовское месторождение).

Предмет исследования является мониторинг нарушенных земель.

Для реализации целей и задач исследования были использованы следующие методы: теоретический анализ, изучение и обобщение опыта проведения мониторинга нарушенных земель, дистанционный, картографический методы.

Данная выпускная квалификационная работа состоит из пяти глав. В первой главе рассмотрены основные теоретические аспекты вопроса. Во второй главе уделяется внимание анализу современного состояния мониторинга нарушенных земель с помощью данных дистанционного зондирования. Третья глава посвящена использованию данных дистанционного зондирования и геоинформационных систем при проведении мониторинга нарушенных земель. В четвертой главе разрабатывается методика мониторинга нарушенных земель с помощью данных дистанционного зондирования для исследуемых территорий. В пятой главе проведена верификация методики на примере территории Республики Башкортостан, г. Сибай и Красноярского края, Юрубчено-Тохомовского месторождения, описаны полученные результаты и разработаны рекомендации. В заключении подведены итоги проделанной работы.

## 1. Основные теоретические аспекты вопроса

Влияние на окружающую среду хозяйственной деятельностью человека возрастает с каждым годом, что приводит к значительным нарушениям равновесия между природой, антропогенной нагрузкой и деградацией экологических условий. Для улучшения экологического состояния и предотвращения негативных процессов в использовании земельных ресурсов, разработки приемов эффективного использования земель необходим принципиально новый подход к хозяйственной деятельности, к организации рационального земле- и природопользования. Достижение этих целей невозможно без мониторинга окружающей среды.

Под мониторингом окружающей среды понимается система повторных наблюдений одного и более элементов окружающей природной среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой.

Важным моментом при проведении мониторинга является регулярность наблюдений, обеспечивающий темп обновления изменения рассматриваемого компонента природной среды и динамики их развития. Соответствие периода обновления информации динамике изменения является основой определения эффективности системы мониторинга.

Существует блок-схема системы мониторинга, которую поддерживают многие ученые специалисты, занимающиеся исследованиями проблематики мониторинга.



Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга [28].

Исходя из рисунка 1, мониторинг подразделяется на блоки: «наблюдения», «оценка фактического состояния», «прогноз состояния» и «оценка прогнозируемого состояния». Итогом проведения мониторинга является разработка способов регулирования качества среды.

Существуют различные виды мониторинга окружающей природной среды (рис.2).

МОНИТОРИНГ			
в зависимости от территориального охвата	по характеру изменений состояния земель	в зависимости от наблюдаемых процессов	в зависимости от сроков и периодичности проведения
- глобальный; - национальный; - региональный; - локальный	- фоновый; - инпактный	- эволюционный; - циклический; - антропогенный; - чрезвычайный	- базовый; - периодический; - оперативный; - ретроспективный

Рис.2 Виды мониторинга окружающей природной среды [22]

Перейдем непосредственно к изучению вопроса мониторинга земель. Увеличение антропогенной нагрузки на землю определяют охрану земель и организацию их рационального использования как одну из стратегических целей государственной политики, что нашло отражение во многих законодательных документах последних лет. Исследование земельных ресурсов требуют единого комплексного подхода, который должен осуществляться на основе всесторонних систематических наблюдений – мониторинга земель [22].

Мониторинг земель представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв [1].

Объектом мониторинга земель являются земельные участки, независимо от форм собственности на землю, целевого назначения и разрешенного использования.

Мониторинг земель включает в себя семь подсистем (рис. 3), соответственно количеству категорий земель в земельном фонде РФ. Свои подсистемы есть и в структуре мониторинга лесов, вод, объектов животного мира и иных объектов.



Рис.3 – Схема организации мониторинга земель [1].

Сущностью экологического мониторинга является обнаружение негативных и критических экологических составляющих, который позволяет сформулировать быструю и точную оценку состояния окружающей среды. Проведение экологического мониторинга подразумевает организацию наблюдения за всеми составляющими окружающей среды. Данный подход помогает выявить как изменения, происходящие в ходе естественных процессов, так и изменения, происходящие под непосредственным человеческом воздействии. Основываясь на результатах проведенного мониторинга выносятся объективная оценка и рассчитывается динамика изменений, происходящих под влиянием природного и человеческого факторов в условиях естественной жизнедеятельности экологической системы.

Основными индикаторами экологической ситуации окружающей среды являются почвы и растительность. В настоящее время все большее внимание уделяется проведению работ по выявлению, мониторингу деградированных и загрязненных земель.

Деградация почв представляет собой совокупность процессов, приводящих к изменению функций почвы как элемента природной среды, количественному и качественному ухудшению ее свойств и режимов, снижению природно-хозяйственной значимости земель.

Выделяются следующие наиболее существенные типы деградации почв и земель с учетом их природы, реальной встречаемости и природно-хозяйственной значимости последствий:

- технологическая (эксплуатационная) деградация, в т.ч.:

- а) нарушения

- б) физическая (земледельческая) деградация

- в) агроистощение

- эрозия, в т.ч.:

- а) водная

- б) ветровая

- засоление, в т.ч.:

- а) собственно засоление

- б) осолонцевание

- заболачивание

В связи с увеличением техногенной нагрузки на территорию появляются такие объекты природной среды как нарушенные земли.

Нарушенные земли – земли, утратившие первоначальную природно-хозяйственную ценность и, как правило, являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду [3].

На рисунке –4 показан пример нарушенной земли.



Рис. 4 Приаргунское производственное горно-химическое объединение на космическом снимке GeoEye

Анализ антропогенной деятельности, направленный на природную среду, позволяет сделать некоторые обобщенные выводы в отношении причин нарушений земель. Основные причины нарушений земель приведены на рисунке 5.

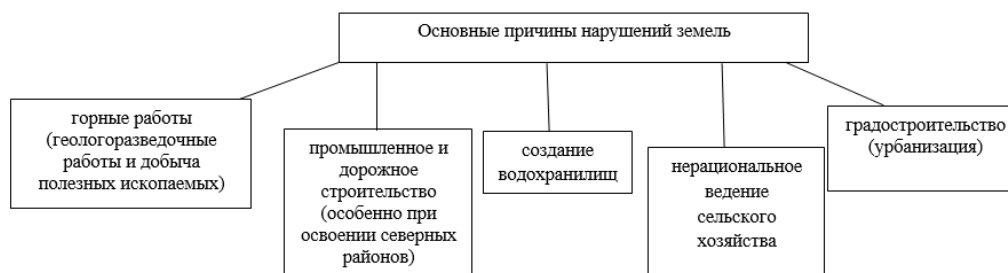


Рис.5 Основные причины нарушений земель [3].

Нарушенные земли являются экологически опасным природным объектом, так как перестают выполнять природно-хозяйственные функции и могут привести к процессам общей деградации земной поверхности и природно-климатических условий. Развитие процессов нарушенности приводит к уничтожению собственно почвы как природного объекта, создает существенные трудности для развития и функционирования других элементов экологических систем и природной среды в целом.

Объективная диагностика почв, определение степени нарушенности и оценка влияния нарушенных земель имеет важное научное и практическое значение. Для оценки степени деградации почв и установления оценочных критериев при выделении нарушенных земель необходимо иметь достаточный набор диагностических параметров [2].

Характер последствий деградации почв (земель) в природно-экологическом плане проявляется по следующим основным направлениям: а) уменьшается мощность толщи, вовлеченной в активное современное почвообразование, снижается аккумуляция в почве органического вещества, ухудшается структура почвы, состав ее поглощающего комплекса, кислотнo-щелочные свойства; б) нарушаются, изменяются в негативную сторону влагообмен, газообмен и теплообмен в системе приземный слой атмосферы - наземная биосфера – почва - подпочвенные слои; в) уменьшается продуцирование растительной массы и поступление в атмосферу кислорода, ослабляется связывание атмосферного углерода, усиливается переход углерода из почв в атмосферу со всеми негативными последствиями этого процесса; г) ухудшается среда обитания для многочисленных обитателей почвы (микроорганизмов, мезофауны и т. д.), а в конечном счете – и для всей совокупности живых организмов, включая человека.



В тоже время, практика работ в конкретном регионе, сложившаяся инфраструктура района, предшествующая техногенная активность обуславливают свою специфику проявления того или иного вида воздействия [16].

Состояние почвенного покрова в экосистемах и возможности хозяйственного использования земель в соответствии с их природно-хозяйственной значимостью отображено в таблице 1.

Уровень потери природно-хозяйственной значимости земель	Состояние почвенного покрова и возможности хозяйственного использования земель
Нулевой	Отсутствие признаков неблагоприятных экологических последствий и ограничений эффективного хозяйственного использования
Слабый	Первичные признаки угнетения отдельных звеньев биоценозов, снижение продуктивности агроценозов. Использование земель для целей продовольственного производства без ограничений.
Средний	Природные биоценозы сильно угнетены или отсутствуют. Использование земель для производства продовольственной продукции малоэффективно из-за пониженного плодородия почв и часто неполноценного качества продукции.
Высокий	Ограниченность существования искусственных насаждений. Нецелесообразность использования земель для производства продовольственной продукции из-за низкого плодородия почв и неудовлетворительного качества продукции.
Катастрофический	Биопродуктивность земель крайне низка. Ограниченность использования территории для существования человека и размещения производства жизнеобеспечения.

Таблица – 1 Состояние почвенного покрова в экосистемах и возможности хозяйственного использования земель в соответствии с их природно-хозяйственной значимостью

(по В. Н. Шептухову, Т. В. Решетиной и др., 1997) [16].

## **1. Анализ современного состояния мониторинга нарушенных земель с помощью данных дистанционного зондирования**

Вопросы, касающиеся восстановления экологического баланса на территориях, нарушенных при ведении хозяйственной деятельности, всегда волновали общественность. Поэтому решению подобных вопросов в нашей стране и за рубежом в последние годы уделяется большое внимание. Выявлению нарушенных земель, оценке нарушенности земель, рекультивации нарушенных земель посвящено множество работ, в которых описываются различные методы исследования нарушенных земель. Рассмотрим работы российских и зарубежных авторов.

В статье В. Н. Копылова, Г. А. Кочергина, Ю. М. Полищука, В. А. Хамедова «Использование данных ДЗЗ при решении региональных задач рационального природопользования» описано применение дистанционных методов при решении региональных задач рационального природопользования в регионе, в котором добывается около 60% российской нефти - в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре. Представлена автоматизированная технология дистанционного мониторинга мест добычи и транспортировки нефти с целью обнаружения и картирования разливов нефти. Авторы статьи в своей работе используют данные ДЗЗ среднего и низкого пространственного разрешения (10-1000м), высокого пространственного разрешения. В статье описаны разработанная технология выявления нефтеразливов, которая состоит из трех этапов. Эти этапы подробно проанализированы. Авторы статьи занимались обработкой космических снимков в программной среде ENVI. На заключительном этапе авторами создается карта загрязнения нефтепродуктами земель, карта рекультивированных земель, которая формировалась на основе анализа изменений спектральных характеристик площадей нефтезагрязнений с использованием 2-х и более космических снимков за разные годы. Также были проведены полевые работы на 10 лицензионных участках Ханты-Мансийского автономного округа, в результате чего было зафиксировано около 70 мест нефтезагрязнений с привязкой их к карте с помощью GPS-приемника. На рисунке - 6 показан фрагмент космического снимка с выделенными контурами разливов нефти [16].



Рис.6 Фрагмент космического снимка с выделенными контурами разливов нефти

Опыт мониторинга нарушенных земель с использованием ГИС. Гилева Л.Н. – автор статьи «Мониторинг нарушенных земель на территории Пуровского района ЯНАО», рассматривает актуальность создания системы мониторинга нарушенных земель. В работе доказывается необходимость формирования и ведения информационной базы данных о нарушенных землях, которая позволит выявить неучтенные, фактически используемые земельные участки и включить их в налогооблагаемую базу, создать систему мониторинга нарушенных земель и их рекультивации с использованием ГИС-технологий, сформировать обоснованную систему мероприятий по рациональному использованию земель и выработке механизмов регулирования эффективного использования земель на территории округа. Результатом работы является автоматизированная база данных, содержащая нарушенные земельные участки и их характеристику [5].

Автором статьи «Выявление нарушенных нефтедобычей степных земель Оренбургского Заволжья на основе спутниковых данных» К.В. Мячина, А.А. Чибилев сделана попытка выявления нарушенных земель в процессе нефтедобычи земель на основе спутниковых данных среднего пространственного разрешения (Landsat), полученных в период вегетации [20].

Ключевой участок изучения автора включает объекты трех нефтяных месторождений, размещенных в пределах различных типов степных ландшафтов Оренбургского Заволжья. Отличительной особенностью изучаемой местности является интенсивное недропользование, следствием чего является угнетенный или отсутствующий растительный покров. Автор статьи предпринимает попытки поиска спектральных преобразований, позволяющих наиболее точно выделить участки деградированного почвенно-растительного покрова. Для этих целей им был испытан ряд спектральных преобразований, такие как Tasseled Cap и SMACC, а также спектральные индексы IrOx, GSI, PDI, NBI [20].

Автором статьи был произведен анализ и расчет индексов для сцены спутника Landsat 8-OLI от 15 июня 2013 г., включающей исследуемую территорию; дешифрирование и обработка космических снимков осуществлялись в специализированном ПО ENVI 5.1 и в среде ArcGIS 10.2. Предварительная подготовка изображения заключалась в выполнении радиометрической калибровки и атмосферной коррекции. Далее, используя вегетационные индексы NDVI и SAVI, была создана карта ландшафтного покрова территории исследования. В итоге работы были сопоставлены результаты применения спектральных преобразований для распознавания класса нарушенных земель.

В процессе работы автором было установлено, что основная трудность в дешифрировании поврежденных площадей заключается в высоких показателях сельскохозяйственной освоенности территории. Установлено, что преобразование SMACC позволяет с наибольшей точностью выделить нарушенные нефтепромыслами земли.

Статья «Desertification Monitoring Using Remote Sensing and GIS Technique» (Мониторинг опустынивания с использованием данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий) автора Muthanna Albayati. В своем исследовании автор утверждает о важности использования данных дистанционного зондирования при мониторинге за окружающей средой, говорит о том, что наиболее удобным и точным способом получения информации о ландшафте является использование данных дистанционного зондирования. В статье приводится исследование процесса опустынивания и его изменения во времени с использованием разновременных космических снимков. Исследование проводится для территории Багдада. Автором созданы разновременные тематические карты, которые отражают процесс развития опустынивания на территории Багдада. На картах четко видно увеличение площади опустынивания [35].

Статья «Monitoring land degradation using remote sensing and GIS techniques in an area of the middle Nile Delta, Egypt» посвящена мониторингу деградации почвы в средней части дельты Нила. Использовались изображения Landsat и цифровая модель рельефа (DEM). Снимки прошли геометрическую коррекцию и классификацию методом ISODATA. Цифровая модель рельефа получена с помощью топографических карт масштаба 1:50000. Также проведены полевые обследования (взяты пробы почв) для определения геоморфологических единиц. В результате сравнения характеристик поверхности (каротаж воды, уплотнение, засоление и подщелачивание) 1968 и 2008 годов определена степень деградации земель и составлены тематические карты [36].

### 3.Использование данных дистанционного зондирования и геоинформационных систем при проведении мониторинга нарушенных земель

#### 3.1 Дистанционное зондирование: основы получения данных дистанционного зондирования

Дистанционные методы исследования окружающей среды – это многосложная и разносторонняя область науки и техники, переживающая период бурного развития. Современные дистанционные методы зондирования объектов открыли качественно новый этап в информационном обеспечении исследования и разработок в науках о Земле и хозяйственной практике. В настоящее время большую часть данных дистанционного зондирования Земли получают с искусственных спутников Земли. Большой обзор поверхности Земли с высоты полета спутника, высокая скорость движения спутниковых датчиков и возможность регистрировать сигналы в нескольких спектральных диапазонах позволяют получать огромные объемы данных. Широта охвата территории является характерной чертой дистанционных методов исследования Земли.

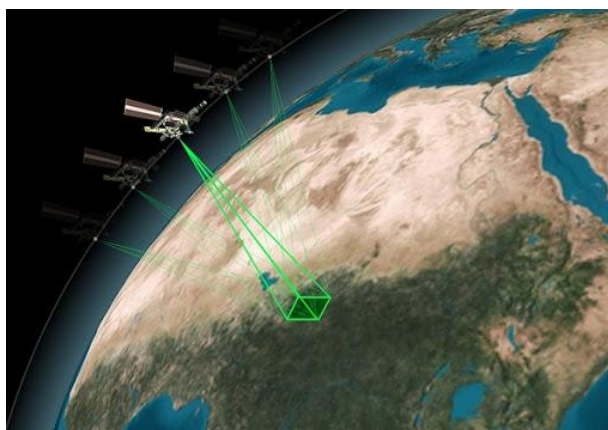


Рис. 7 - Схема съемки Земли

Схема организации приема, обработки и хранения данных при космическом мониторинге приведена на рисунке - 8

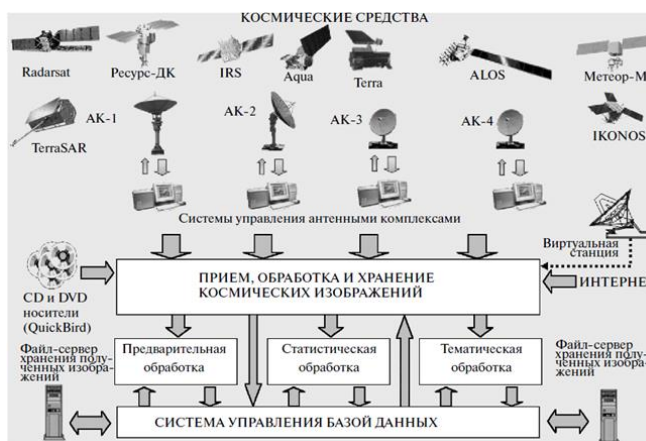


Рис.8 Организация приема, обработки и хранения данных при космическом мониторинге

Фонд космических съемок в настоящее время обширный и включает материалы, полученные съемочными системами разных типов – сканерными (многозональными, панхроматическими), радиолокационными (на разных длинах волн, при разной поляризации сигнала) и фотографическими (черно-белыми, цветными, спектрзональными и многозональными) в разных участках электромагнитного спектра с разным пространственным и радиометрическим разрешением.

Данные ДЗЗ в настоящее время – это космические снимки, которые представляются в цифровой форме в виде растровых изображений, поэтому проблематика обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли тесно связана с цифровой обработкой изображений. Быстрое техническое развитие космических съемочных систем за последнее 20 лет позволило получать изображения с высоким пространственным и радиометрическим разрешением.

Организация работ по изучению поверхности Земли, основанная на сочетании космических методов с небольшим объемом наземных исследований, которые проводятся на ограниченном числе опорных маршрутов и ключевых участков, позволяет значительно сократить сроки производства работ и снизить их стоимость.

Развитие использования данных дистанционного зондирования связано в первую очередь с широкой доступностью для ученых и специалистов спутниковых снимков среднего и высокого разрешений, а также быстро развивающимся рынком программных продуктов. В настоящее время проводятся крупные космические проекты, нацеленные на природно-ресурсные и экологические космические исследования.

### **3.2 Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга нарушенных земель**

В последние десятилетия техногенное воздействие стало ведущим по значимости и масштабу экологическим фактором, влияющим на состояние природных почвенно-растительных комплексов, являющихся главными источниками первичной биогенной продукции и кислорода атмосферы. Идентификация негативного процесса деградации природных систем вблизи промышленных объектов является лучшим способом предупреждения необратимых процессов, ведущих к потере биосферных ресурсов. В связи с этим увеличивается роль экологических исследований состояния природных комплексов. Для индикации значительной негативной нагрузки на природную среду необходимо многолетнее и трудоемкое сопоставление полевых наземных исследований и космических снимков. Полевые исследования проводятся с целью картирования и оценки растительности и других биофизических индикаторов нарушенности земель, служат в качестве фундаментальных методов оценки и определения типа, степени и серьезности

нарушенности земель. Они имеют ряд достоинств. Среди которых отмечается высокая степень оценки современного состояния земель, достаточно полное выявление причин изменений биотических компонентов и адресная индексация источников и факторов негативного внешнего воздействия. Также можно отметить недостатки таких исследований: это их локальный, а зачастую – точечный характер и ограниченные возможности прогнозирования изменений. По этой причине решение задачи проведения мониторинга, оценки состояния окружающей среды, претерпевающей изменения в зависимости от влияния естественных и антропогенных факторов, невозможно без использования методов дистанционного зондирования. Основными достоинствами метода является большая обзорность, регулярность получения информации. Этот метод позволяет получить информацию о взаимосвязанных процессах, происходящие в природной среде, оно открывает новые возможности для организации оперативного и объективного мониторинга окружающей среды [6].

Проведение работ по изучению поверхности Земли, основывающаяся на сочетании аэрокосмических методов с наземными исследованиями позволяет значительно сократить сроки производства работ и снизить их стоимость, обеспечивает комплексность получения информации.

При проведении мониторинговых наблюдений на основе данных дистанционного зондирования основной объем информации дают снимки в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра, а материалы съемок в инфракрасном тепловом и радиодиапазонах могут предоставить дополнительные данные. Вследствие различий в спектральных свойствах объекты земной поверхности за редким исключением лучше распознаются на многозональных снимках – цветном синтезированном или отдельных зональных. Применение космических снимков при мониторинге нарушенных земель сводится к выделению особенностей интересующих исследователя [7].

Использование изображений со средним пространственным разрешением позволяет оценить динамику нарушений земель, состояние нарушенных земель, оперативно выявить опасные тенденции развития процессов [26].

Комплексная обработка космической информации и результатов наземных измерений является основой для получения данных, предназначенных для дешифрирования и тематических исследований. В результате такой обработки появляется возможность получать информацию об основных параметрах атмосферы и поверхности Земли. Изучая пространственно-временное поведение параметров, описывающих состояние поверхности Земли (температура поверхности, коэффициент отражения, вегетационный индекс и др.) можно извлекать массу связанной с этими параметрами

информации. Такой информацией, например, может быть изменение, которое связано с отличием типичного поведения параметра во времени или по пространству [19].

Результаты обработки интегрируются в тематические ГИС для проведения всестороннего анализа и получения информации о динамике развития позитивных и негативных процессов.

На рисунке – 2 показано увеличение площади разработки карьера «Прикарьерный», а на рисунке – 3 - обнаружение участков сведения растительного покров.

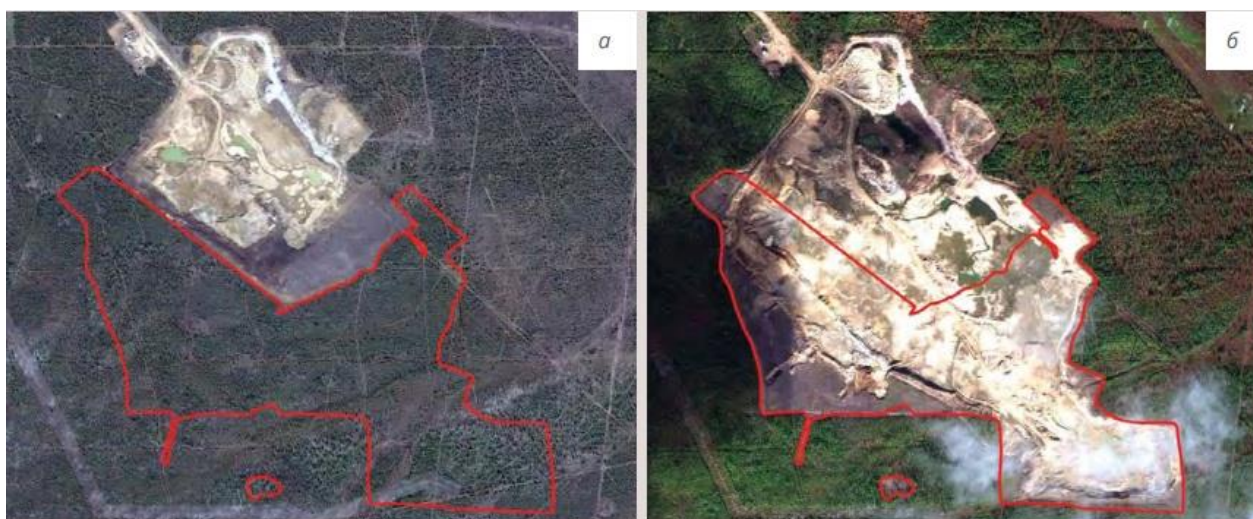


Рис. 9 Увеличение площади разработки карьера «Прикарьерный»: а) снимок QuickBird, 2004 г.; б) снимок GeoEye-1, 2014 г [10].



Рис. 10 Обнаружение участков сведения растительного покров: а) снимок QuickBird, 2004 г.; б) снимок GeoEye, 2014 г.[10].

Имеющиеся в настоящий момент спутниковые системы при экологическом мониторинге территории обеспечивают:

- Достаточное пространственное разрешение для проведения исследований для территории;



• Расчет на основе многоспектральных наблюдений различных индексов, характеризующих состояние земель;

• Возможность проведения достаточно частых наблюдений, которые необходимы для контроля динамики развития компонентов природной среды и их реакции на воздействие неблагоприятных факторов.

• Достаточно длинные ряды наблюдений, необходимые, например, для выявления различных аномалий в развитии растительности на основе сравнения данных различных вегетационных сезонов [19].

Современный уровень развития средств и методов исследования Земли из космоса, программных комплексов обработки космических данных и широкое распространение ГИС позволяют получать качественно новую информацию о состоянии территорий, объектов, процессах и динамике их изменения. При этом необходимы и новые методологические системные подходы для комплексных исследований, анализа и эффективного управления отраслями и регионами [15].

## 4. Разработка методики мониторинга нарушенных земель с помощью ДДЗ для исследуемой территории

### 4.1 Методика проведения мониторинга нарушенных земель

Проведение мониторинга нарушенных земель обеспечивает своевременное выявление изменений состояния земель, их оценку, прогноз и выработку рекомендаций по устранению негативных процессов, а также информационное обеспечение различных органов государственного и муниципального управления. Но в настоящее время, изучение проблемы по доступным источникам показало, что на сегодняшний день комплексной методики проведения мониторинга нарушенных земель, которое основывалось бы на применение полевых и дистанционных методов на сегодняшний момент нет.

Создание единой комплексной системы показателей мониторинга земель должно основываться на соблюдении целого ряда условий, а результативность мониторинга зависит от правильной организации, которая основывается на общей последовательности при разработке методики мониторинга и его осуществления и анализа полученной информации [6].

Динамику изменений нарушенных земель, оценку современного состояния земель, определение характера изменений компонентов природных комплексов, прогноз активизации негативных процессов, изменяющих ландшафты, невозможны без качественных данных, которые можно получить только с помощью хорошо организованного мониторинга. Он должен включать в себя систематизированный свод данных, включающий качественные и количественные характеристики объектов, физико-географическую характеристику, классификацию нарушенных земель. Использование современных технологий геоинформационного картографирования позволит обеспечить техническую поддержку функционирования методики и принятия верных управленческих решений потребителями.

Основные процедуры, которые должны выполняться показаны на рисунке 1.



Рис.11 Основные процедуры мониторинга земель

При разработке методики мониторинга нарушенных земель в рамках проведения намечаемой деятельности должны решаться следующие задачи:

- своевременное выявление изменений состояния природной среды;
- оценка выявленных изменений окружающей среды;
- изучение влияния изменений на другие компоненты природы;
- выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий негативных процессов;
- информационное обеспечение государственных органов, контролирующих состояние окружающей среды.

Одним из важнейших условий эффективного использования источников информации о территории при выполнении экологических наблюдений за окружающей средой является наличие эффективного метода, алгоритма проведения мониторинга нарушенных земель. На рисунке – показана методика проведения мониторинга нарушенных земель с помощью использования данных дистанционного зондирования.



Рис. 12 Методика проведения мониторинга нарушенных земель с помощью космических снимков

Для анализа нарушений территории целесообразно использовать разновременные космические снимки, которые позволяют выявлять и в деталях прослеживать источники

загрязнения поверхности, характер нарушений природной среды и их динамику. С помощью исследования спектральных, структурных, геометрических и комплексных дешифровочных признаков можно получить детальное описание объекта [17].

Дешифрирование - метод изучения и исследования объектов, явлений и процессов на земной поверхности, который заключается в распознавании объектов по их признакам, определении характеристик, установлении взаимосвязей с другими объектами. Выделяются прямые и косвенные признаки. К прямым относятся: форма, размер, тон (цвет) изображения и тень, а косвенные признаки основаны на связях между объектами.

Особенностью многозональных снимков заключается в том, что зная особенности волновых характеристик каналов и их комбинаций, можно получить интересующую нас информацию о свойствах различных географических и экологических объектов. При разных комбинациях по - разному видны разные объекты. В приложении – 2 приведена таблица интерпретации комбинаций каналов Landsat [37].

Векторизация предназначена для перевода изображения из растрового формата в векторный (совокупность примитивов – точек, линий, полигонов), который используется для дальнейшего создания карт.

Рассмотрим основной спектральный индекс, которые применяются при исследовании влияния нарушенных земель на растительность, так как она является важным биофизическим индикатором нарушенности земель.

Спектральные индексы, которые наиболее часто используются для изучения и оценки состояния растительности называются вегетационные индексы. Наиболее популярный и часто используемый индекс – NDVI (The normalized difference vegetation index) – нормализованный разностный индекс растительности.

Обычно, спектр отражения в красной и инфракрасной области объединяется, так как растительность интенсивно поглощает падающее излучение в красной области спектра (до 90%, вызванных пигментом листа). В то же время в инфракрасной области зеленые листья являются сильным отражателем. Сильный контраст коэффициента отражения наблюдается только в зеленой растительности, тогда как лишённая растительности почва представляет одинаковый коэффициент отражения, как в красной, так и в инфракрасной области.

Индекс рассчитывается как разность значений отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра, деленная на их сумму, формула выглядит так:

$$NDVI = \frac{\rho_{\text{БИК}} - \rho_{\text{кр}}}{\rho_{\text{БИК}} + \rho_{\text{кр}}} = \frac{RVI - 1}{RVI + 1} \quad [31].$$

В результате, величина индекса может колебаться от - 1.0 до 1.0, но величина индекса растительности обычно колеблется от 0.1 и 0.7 (рис. 5)

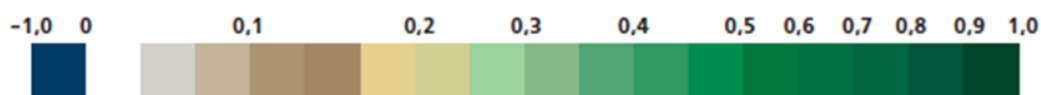


Рис.13 Значения NDVI[10]

В таблице –2 показаны значения NDVI для различных типов объектов

Тип объекта	Коэффициент отражения в красной области спектра	Коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра	Значения NDVI
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разряженная растительность	0,1	0,3	0,5
Открытая почва	0,25	0,3	0,025
Облака	0,25	0,25	0
Снег и лед	0,375	0,35	-0,05
Вода	0,02	0,01	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0,3	0,1	-0,5

Таблица -2 Значения NDVI для различных типов объектов[12]

Более высокая величина индекса связана с более высоким уровнем здорового растительного покрова, тогда как облака и снег дают величину индекса в районе нуля, создавая представление о том, что растительность на этом участке менее зеленая. Для зеленой растительности отражение в красной области всегда меньше, чем в ближней инфракрасной, за счет поглощения света хлорофиллом, поэтому значения NDVI для растительности не могут быть меньше 0 [12].

Таким образом, индекс дает возможность количественно оценить состояние растительности, позволяет выявить проблемные зоны с угнетенной растительностью на техногенно - нарушенных или загрязненных территориях, дает возможность принимать наиболее верные решения, направленные на улучшение экологического состояние ландшафта.

## **4.2 Физико-географическая характеристика исследуемых территорий**

### **4.2.1 Обоснование выбора исследуемой территории**

#### **Республика Башкортостан г. Сибай**

Г. Сибай в природном отношении относится к Башкирскому Зауралью. Башкирское Зауралье представляет собой разнообразную в ландшафтно-геохимическом отношении систему. В исследуемой территории ведется разработка и эксплуатация полиметаллических и медноколчеданных месторождений. Одним из крупных горнорудных предприятий в данном регионе является Сибайский филиал Учалинского ГОК (СФ УГОК). Он является масштабным фактором преобразования среды обитания человека. Интенсивной нагрузке и преобразованию подвергаются недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир. В результате накопления отходов горнодобывающего производства создаются специфические техногенные ландшафты [8]. Наблюдается деградация экосистем ландшафтов, которая обуславливается масштабами накопленного экологического ущерба, а также тем, что содержание опасных веществ – тяжелых металлов, ионов серной кислоты и ряда других – местами превышает их предельно допустимые концентрации в десятки, сотни и тысячи раз и затрагивает все компоненты природной среды. Близость районов золотодобычи и сопряженной с ней добычи цветных металлов прежних лет и современности к местам обитания человека определяет их непосредственное влияние на здоровье людей. [24]

#### **Красноярский край - Юрубчено-Тохомовское нефтегазоконденсатное месторождение**

Юрубчено - Тохомовское месторождение - крупнейшее месторождение по добыче нефти и газа. Как известно, в процессе разведочного бурения и сопутствующих строительных операций выполняется определенный набор технологических действий, так или иначе, неизбежно воздействующих на окружающую среду.

При проведении буровых работ на почвенно-растительный покров оказывается негативное воздействие. К прямым воздействиям относятся изменение, уничтожение, загрязнение среды обитания животных, вызванное подготовкой площадок под буровые, строительством дорог, движением транспорта и самоходной техники, разливами нефти, выбросами в атмосферу. Косвенные воздействия заключаются в самом факте появления и постоянного присутствия человека в природных сообществах и связаны с обычной его жизнедеятельностью. Длительные воздействия прослеживаются в течение всего периода строительства и эксплуатации нефтедобывающего комплекса.

В приложении 1 показана классификация техногенных воздействий по объектам воздействия, дающая достаточно полное представление о спектре возможных последствий проведения операций, связанных с разведочным бурением и горнорудным производством.

В связи с высоким влиянием техногенеза на окружающую среду появляется необходимость исследований загрязнения окружающей природной среды и оценки техногенных объектов, которое включает выявление источника загрязнения, оценку местного фона территорий вне зоны техногенеза, исследование динамики загрязнения в пространстве и во времени, прогнозирование и нормирование техногенного преобразования окружающей среды в природно-технических системах [39].

#### 4.2.2. Физико-географическая характеристика г. Сибая

**Географическое положение.** г. Сибай является городом республиканского значения Республики Башкортостан. Он расположен на стыке Европы и Азии, на юге Башкирского Зауралья, в отрогах хребта Ирэндик, на реке Карагайлы, в 95 км к юго-западу от Магнитогорска, в 464 км к юго-востоку от Уфы и в 173 км юго-восточнее Белорецка. Население города составляет свыше 63 тыс. человек, территория – 154 кв. км.



Рис. 14 Исследуемая территория на карте России

**Климат.** Климат исследованного региона определяется его географическим положением и спецификой местных природных условий, коррелирующих его зональные особенности. Территория Башкирского Зауралья расположена в глубине континента, поэтому климат умеренно континентальный, с выраженной континентальностью. Лето жаркое и часто засушливое, зима холодная, но малоснежная. Проникновению влажного атлантического воздуха препятствуют горы. Среднегодовая температура воздуха: + 3,3 °С. Относительная влажность воздуха: 66,8 %. Средняя скорость ветра: 4,1 м/с [23].

**Геология и рельеф.** Район исследования расположен на территории перехода восточных хребтов и расчлененных предгорий Южного Урала в Зауральский пенеплен. Горные породы разнообразны и представлены, в основном, древними изверженными

породами: гранитами, гнейсами, порфирами, диабазами, а также осадочными образованиями: известняками и доломитами. В геологическом строении участвуют вулканогенные и осадочные образования девона и раннего карбона. Геологическое строение территории обусловило формирование различных рудных районов. На исследуемой территории в основных чертах эндогенной металлургии Южного Урала выделяются две зоны – Баймак-Бурибаевская смешанно-меднорудная и Красноуральско-Сибай-Гайская меднорудная.

В геоморфологическом отношении исследованная территория представлена Южно-Уральским плоскогорьем, переходящим в Зауральскую равнину. К горной области относится вся западная часть территории, которая характеризуется наибольшими абсолютными отметками и сильной расчлененностью рельефа. Средние абсолютные отметки плоскогорья составляют 450-600 м, а максимальные лишь местами (в северо-восточной части) превышают 700 м. Восточная часть исследованной территории относится к Зауральской равнине, характеризующейся выровненным типом, незначительной расчлененностью и меньшими абсолютными отметками (320 м) [24].

**Почвы.** Согласно почвенно-географическому районированию, район исследований расположен в пределах лесостепной подзоны предгорий и степной черноземной подзоны абразивной платформы Зауралья. Почвенный покров характеризуется значительной неоднородностью. Широко распространены черноземы, которые характеризуется различными подтипами. В почвенном покрове преобладают черноземы типичные, обыкновенные, выщелоченные, неполноразвитые, южные, а также темно-серые почвы, солонцеватые и примитивные органо-щебнистые почвы – литоземы темногумусовые и петроземы гумусовые. Кроме черноземов распространены серые лесные почвы. Они занимают повышенные платообразные участки и средние части пологих склонов. В отрицательных формах рельефа образуются черноземно-луговые почвы. В долинах рек развиты луговые и лугово-болотные почвы. Почвы глинистые и тяжелосуглинистые.

**Растительность.** В геоботаническом отношении район исследований расположен в Зауральском округе Западно-Сибирской провинции Европейско-Сибирской лесостепи. Растительный покров отличается комплексностью и мозаичностью. Сложность его объясняется, прежде всего, изменением климатических условий в связи с переходом горных ландшафтов в равнинные [24].

Основная часть территории исследований расположена в степи и лесостепи, для нее характерно чередование березовых преимущественно остепненных лесов и каменистых вариантов разнотравно-типчаково-ковыльных степей. Преобладают степи разнотравно-ковыльные и разно-травно-типчаково-ковыльные. На выходах горных пород



широко представлены их петрофитные варианты с сильноразреженным травостоем, на надпойменных террасах и по днищам логов – разнотравно-злаковые луга. Значительную роль в формировании растительных сообществ играет антропогенный фактор. Большая часть площади степей распахана. На сохранившихся целинных участках ведется интенсивный выпас. Широко представлены ряды смены растительных сообществ при нарастании двух основных факторов сукцессионных смен: петрофитного и антропогенного.

**Внутренние воды.** По территории г. Сибая в северо-восточном направлении протекают две более мелкие реки: р. Карагайлы и р. Камышлы-Узяк (Камыш-Узяк) — правобережные притоки р. Худолаз. Реки степного характера, имеют пологие, заросшие травой берега. Руслу рек очень заиленные, ширина составляет 1–2 м, глубина до 5 м. Из-за развития на территории горнорудного производства все реки загрязнены. На р. Худолаз (правый приток р. Урал) сооружено водохранилище объемом 7 млн.м<sup>3</sup>, являющееся основным источником водоснабжения [24].

#### 4.2.3 Юрубчено-Тохомовское нефтегазоконденсатное месторождение

**Географическое положение.** Юрубчено - Тохомовское нефтегазоконденсатное месторождение (ЮТМ) является крупным месторождением, которое располагается в Красноярском крае.

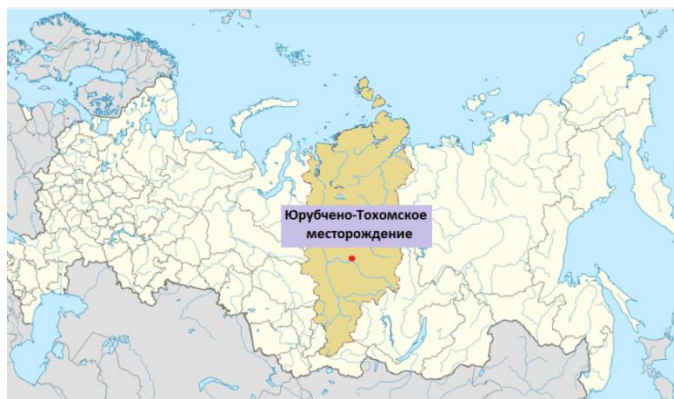


Рис.15 Исследуемая территория на карте России

Месторождение является крупным проектом «Роснефть» в Восточной Сибири

Это месторождение было открыто в 1982 г., а освоение началось в 2009 г. Тогда в рамках опытной эксплуатации велась сезонная добыча нефти, которая обеспечивала нужды «Восточно - Сибирской нефтегазовой компании» и потребности близлежащих населенных пунктов. 2010 год – год начала строительства тестовых эксплуатационных скважин, которое было необходимо для проверки технологии бурения, освоения и эксплуатации скважин новых конструкций и в 2011 г. были пробурены 3 горизонтальные скважины.

Всего на ЮТМ был выполнен весь комплекс работ по подготовке к полномасштабному освоению месторождения: была завершена годовая программа по эксплуатационному и разведочному бурению, получены промышленные притоки нефти на новых скважинах с горизонтальным окончанием, построены кустовые основания и дороги между ними, был введен в эксплуатацию полигон твердых бытовых отходов и шламонакопитель буровых и нефтяных шламов, необходимый для изоляции и обезвреживания отходов бурения. Добыча нефти в 2018 году составляет 2,3 млн т. Эксплуатационный добывающий фонд составляет 87 скважин. На рисунке - показана схема объектов ОАО «Восточно-Сибирской нефтегазовой компании»



Рис. 16 Схема объектов ОАО «Восточно-Сибирской нефтегазовой компании» [39].

**Геология и рельеф.** По системе геологического нефтегазового районирования Юрубчено-Тохомовское месторождение расположено в пределах Байкитской нефтегазоносной области в составе Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Приурочено к одноименному выступу дорифейского кристаллического фундамента. В тектоническом отношении месторождение приурочено к центральной части Камовскоого свода Байкитской антеклизы.

Нефтегазоносность связана с карбонатными и терригенными (песчаники) отложениями вендского и рифейского возрастов. Извлекаемые запасы Юрубчено-Тохомского месторождения составляют по категории С1 — 64,5 млн тонн нефти, С2 — 172,9 млн тонн, газа (С1+С2) — 387,3 млрд кубометров.

Характерной геоморфологической чертой данной территории являются обширные увалистые и холмистые водоразделы, сочетающиеся с глубокими крутосклонными и широкими долинами рек. Основная часть площади региона – это плато с относительными высотами до 600-700 м Основными формами рельефа здесь являются водораздельные поверхности, сочетающиеся с водосборными понижениями и склонами водоразделов.

**Климатические условия.** Территория находится в области с континентальным субарктическим климатом, зимние температуры могут опускаться до  $-60^{\circ}\text{C}$ . Лето

короткое, но летние температуры могут превышать +35°C. Зима довольно снежная, максимальная высота снежного покрова составляет 67 см. Среднегодовые показатели климата составляют: температура воздуха — -8,4 °С; относительная влажность воздуха — 71 %; скорость ветра - 1,6 м/с. Низкие температуры зимой обуславливают широкое распространение вечной мерзлоты.

**Почвенный покров.** Территория Юрубчено-Тохомовского месторождения (ЮТМ) относится к подзоне средней тайги и согласно почвенно-географическому районированию расположена в Приенисейской горной провинции Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области умеренно-холодного биоклиматического пояса. В литологическом составе почвообразующих пород преобладают элювии и делювии коренных пород кембрия и ордовика, отличающихся высокой карбонатностью.

Повсеместно в районе месторождения распространена островная многолетняя мерзлота мощностью от 40 до 60 м. Глубина её залегания изменяется в пределах от 1 до 4 м от поверхности почвы. Средняя из максимальных глубина промерзания достигает 169 см, а средняя за год – 115 см [40].

Почвы на данной территории формируются на нескольких типах пород. Наиболее высокие участки рельефа заняты магматическими породами – траппами, а также их элюво-делювиями. На данных породах формируются, прежде всего, подбуры, подбуры грубогумусированные, на элюво-делювиях траппов развиваются ржавоземы. На склонах долин выходят на поверхность красноцветные карбонатные алевролиты, аргиллиты и мергели, а также их элюво-делювии. На данных породах развиваются буроземы, органо-криометаморфические почвы, в более гидроморфных условиях торфяно-глееземы. На поверхностях надпойменных террас и в поймах рек на аллювии четвертичного возраста развиваются различные варианты аллювиальных почв.

Почвенный покров территории составляют следующие основные почвы: буроземы грубогумусированные остаточно-карбонатные и оподзоленные, криометаморфические грубогумусированные (аналогичные «мерзлотно-таежным» почвам), подбуры, аллювиальные дерновые почвы. Кроме перечисленных основных типов почв на локально развиты торфяно-глееземы, торфяные, дерновые глеевые почвы. В поймах рек почвенный покров представлен аллювиальными дерновыми и аллювиальными дерновыми глеевыми почвам [40].

На техногенно нарушенных буровых площадках выявлены техногенно-трансформированные почвы – литостраты. Литостраты являются результатом техногенных изменений фоновых буроземов и криометаморфических почв.

**Растительность.** По лесорастительному районированию территория относится к Подкаменно-Тунгусскому лесорастительному району среднетаежных лесов и располагается в западной его части, на водоразделе рек Ангары и Подкаменной Тунгуски. Пограничное положение сказывается на характере размещения растительного покрова. На юге территория примыкает к южно-таежным соснякам Приангарья, а с запада - к темнохвойным лесам, господствующим на отрогах Енисейского кряжа. Широтная зональность осложняется проявлением высотной поясности. Лесной покров представляет собой сложное сочетание темнохвойных и светлохвойных лесов с болотной и болотно-кустарниковой растительностью. Здесь проходит своеобразная граница между западносибирским и среднесибирским типом растительности с абсолютным господством в последнем лиственничной тайги на почвах мерзлотного ряда.

Основными лесообразующими породами являются: лиственница сибирская и темнохвойные породы – ель сибирская, пихта, кедр. Природные условия благоприятствуют произрастанию здесь темнохвойных пород.

Преобладающий тип растительности – лесной. Более половины площади занято сомкнутыми лесами. Среди лесных формаций наибольшую площадь занимает лиственничная - из лиственницы сибирской. Относительно редки темнохвойные (преимущественно еловые с примесью кедра) леса. На склонах и водоразделах на участках, удаленных от промышленных объектов, широко распространены лиственничники кустарничково-травяно-зеленомошные и травяно-зеленомошные.

Главным фактором, изменяющим лесной покров, являются пожары. Основные предпосылки возникновения пожаров связаны с природными условиями: сочетанием атмосферной и почвенной засухи в летний период. При сгорании темнохвойных лесов восстановление древостоя идет с большим участием мелколиственных пород, таких как береза и осина. Обширные площади, особенно на водоразделах и в верхних частях склонов, заняты растительными сообществами разных стадий восстановления лесов после пожаров.

**Внутренние воды.** Гидрографическая сеть территории принадлежит к Ангаро-Енисейскому району и относится к бассейну Карского моря. Реки принадлежат к бассейну двух рек: Подкаменной Тунгуски (северная часть) и Ангары (южная часть). На территории ЮТМ протекают 2 реки: Мал. Юрюбчен и Тохомо. Реки имеют преимущественно снеговое питание, талые воды составляют более 50 % в годовом стоке рек. Питание рек дождевыми водами осуществляется повсеместно, но доля их в годовом стоке составляет всего от 3 до 16 %.

### 4.2.3 Нарушенные земли исследуемых территорий

Горнорудное производство оказывает значительное влияние на окружающую среду, которая проявляется в загрязнении окружающей среды различными элементами, изменением рельефа, состояния и видового состава растительности и истощением почвенного покрова. Территория исследований осложнена множеством антропогенных форм рельефа, таких как карьер, отвалы, хвостохранилища, водоотводные каналы и др. Большинство промышленных объектов Сибайского горнопромышленного комплекса расположено в черте г. Сибай. Камаганский и Сибайский карьеры, окруженные отвалами, примыкают к городу с запада, СОФ и хвостохранилища находятся в юго-восточной части города. Эти формы рельефа являются поставщиками в почву загрязняющих веществ - тяжелые металлы (Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Ni, Co Pb), которые имеют способность к миграции и аккумуляции. Мощные потоки тяжелых металлов возникают вокруг горнорудных предприятий, которые поступают с атмосферными выбросами и накапливаются в верхнем слое почвы, которые в свою очередь влияют на растительность. На рисунке - 3 показана карта г. Сибай и ПТК около п. Старый Сибай, п. Мукасово и п. Калининское, в котором синим цветом отмечены точки отбора проб, а в приложении – 2 приведены значения содержания тяжелых металлов в растениях исследуемой территории, которые получены с помощью лабораторных исследований.

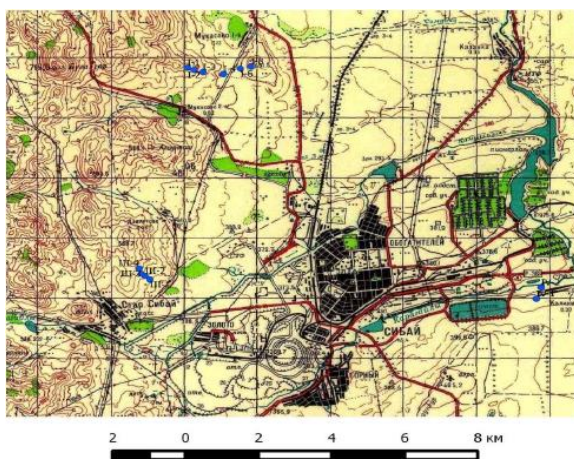


Рис.17 Карта г. Сибай и ПТК около п. Старый Сибай, п. Мукасово и п. Калининское (отмечены синим цветом) [24]

Анализ этих результатов показывает, что на антропогенно нарушенных территориях выявлены аномальные содержания ТМ в почвах: в коллективных садах г. Сибая, п. Семеновское, на территории вблизи карьера Камаган и п. Старый Сибай и вблизи хвостохранилища Сибайской обогатительной фабрики в п. Калининское. Содержание в почвах и растительности тяжелых металлов уменьшается по мере отдаления от горнорудного производства [24].

На территории исследования наблюдается сильный износ основных производственных фондов, несовершенство технологических процессов, обуславливающее образование больших объемов жидких и твердых отходов, а также недостаточность их переработки. Содержание различных элементов и особенности производства являются интегральными показателями процессов загрязнения под влиянием антропогенного и техногенного загрязнения.

В таблице 3 приведено описание нарушенных земель.

Таблица 3 Нарушенные земли близ города Сибай

Республика Башкортостан, г. Сибай	
	<p>Карьер - совокупность выемок в земной коре, образованных при добыче полезных ископаемых открытым способом.</p> <p>Сибайский карьер</p>
	<p>Шламохранилище - это гидротехническое сооружение, комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенных для складирования или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвалных отходов обогащение полезных ископаемых.</p> <p>Шламохранилище СФ УГОК</p>
	<p>Хвостохранилище – комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для приёма и хранения отходов обогащения полезных ископаемых.</p> <p>Хвостохранилище СОФ</p>
	<p>Сброс сточных вод в р. Карагайлы, около отвалов карьера «Сибайский»</p>

	<p>Отвал - техногенный массив, формируемый на специально отведённой площади из горных пород, получаемых в процессе разработки месторождения.</p> <p>Отвалы Сибайского карьера СФ УГОК</p>
---	---

Табл. 3 Нарушенные земли Республики Башкортостан близ г. Сибай [38, 24]

При проведении исследования территории Юрубчено - Тохомовского месторождения были отмечены нарушения почвенного и растительного покрова, которые можно разделить на две группы: нарушения почвенного покрова антропогенного характера и нарушения природного характера. В таблице 4 приведена характеристика основных нарушенных земель.

Нарушения почвенного покрова антропогенного характера	
	<p>Промышленные объекты месторождения на насыпном основании, автодороги круглогодичного использования. На территориях, занятых этими объектами, происходит нарушение растительного и почвенного покрова под отсыпками промышленных объектов. В настоящее время идет активное обустройство месторождения, поэтому доля нарушенных площадей, занятых этими объектами возрастает.</p>
	<p>Карьеры по добыче ОПИ. На территориях занятых карьерами происходит полное уничтожение растительного и почвенного покрова. Большие площади вокруг карьеров занимают отвалы вскрышного грунта. В этих местах также наблюдается уничтожение (погребение) растительного покрова</p>
	<p>Территория буровой площадки</p>

	
	<p>Буровая площадка скважины, предположительно углеводороды, стекающие по рельефу</p>
	<p>Свалка мусора на месте склада горюче-смазочного материала (древесина, гидроизоляция, бочки, буровые трубы)</p>
	<p>Поселок вахтовиков</p>








	<p>Зимние автодороги, сейсмопрофиля, просеки представляют собой линейные, небольшие по площади, нарушения растительного покрова со сведенным древесным ярусом. Травяно-кустарничковый и почвенный покров нарушены на незначительных площадях. Деградации окружающих растительных сообществ не происходит. После прекращения использования нарушение зарастает подростом древесных пород.</p>
	<p>Свалка древесины после окончания буровых работ.</p>
<p>Нарушения природного характера</p>	
	<p>Гари свежие верховые. Верховые пожары возникают в сухую погоду при сильном ветре, когда огонь распространяется на кроны деревьев (преимущественно хвойных). При верховом пожаре лес выгорает полностью.</p>
	<p>Гари средневозрастные. На 10-15-летних гаях. Виден процесс восстановления растительности.</p>
	<p>Пирогенные леса с низовыми гаями. В летний период при высыхании подстилки и мохово-лишайникового яруса высока вероятность возникновения низового пожара, не затрагивающего кроны деревьев. При низовом пожаре сильно страдает мохово-лишайниковый покров, травянистые растения, кустарнички и кустарники. Кроме того низовой пожар сильной интенсивности может вызвать угнетение и гибель неустойчивых к пожарам темнохвойных пород (ели, пихты) и привести к значительной деградации лесов.</p>

Таблица 4. Нарушенные земли Юрубчено-Тохомовского месторождения

## **5. Комплексный мониторинг нарушенных земель исследуемого региона по данным дистанционного зондирования с использованием геоинформационных систем**

### **5.1 Проведение мониторинга нарушенных земель**

#### **5.1.1 Выбор космических снимков**

При выборе космических снимков для проведения исследования главным образом нужно рассмотреть их основные характеристики. К ним относят пространственное разрешение, т.е. детальность изображения, их тип (черно-белые, цветные, многозональные, в видимом, инфракрасном или радио диапазонах спектра электромагнитных колебаний), сезон и время съемки. Выбор снимков с определенными характеристиками зависит в решающей степени от цели исследований и свойств территории, которую предстоит изучать. Также важную роль играет знание закономерностей изменений, происходящие в географических ландшафтах. Это существенно повышает качество результатов дешифрирования при выявлении по снимкам динамики объектов и явлений.

Для выполнения комплексного мониторинга нарушенных земель было принято решение использовать космические снимки с космического аппарата Landsat. Главным достоинством использования таких космических снимков при выполнении экологического мониторинга является возможность получения снимков за большой промежуток времени, достаточная детальность изображения.

Таким образом, космические снимки были выбраны исходя из следующих критериев:

- Дата съемки;
- Летняя съемка. Летняя съемка позволяет исследовать влияние нарушенных земель на такие компоненты природы как почвы, растительность.
- Погодные условия (облачность не более 10 %).

#### **5.1.2 Общие данные о космическом аппарате Landsat -5,7,8.**

Программа Landsat — наиболее продолжительный проект по получению спутниковых фотоснимков планеты Земля. Спутники серии Landsat являются важнейшим источником общедоступных спектральнозональных космических снимков 30-метрового разрешения. Первый из спутников в рамках программы был запущен в 1972; Landsat 5 — марта 1984 года, Landsat 7 — 15 апреля 1990 года, последний, на настоящий момент, Landsat 8 — 11 февраля 2013 года.

Целью Landsat является непрерывная съемка Земли из космоса среднего разрешения для получения достоверных непрерывных глобальных данных о явлениях и изменениях, происходящих на планете [39].

Основные характеристики каналов многоканальных космических снимков спутника Landsat-5, 7и Landsat- 8 представлены в таблицах 5 и 6,7

№ канала, название	Индексы каналов	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение	Размер сцены, длина x ширина	Повторяемость
1, голубой (blue)	B1	0,45 - 0,515	30	170 x 185	16 суток
2, зеленый (green)	B2	0,525 - 0,605	30		
3, красный (red)	B3	0,63 - 0,690	30		
4, ближний инфракрасный (NIR)	B4	0,75 - 0,90	30		
5, коротковолновый инфракрасный (SWIR)	B5	1,55 - 1,75	30		
6, дальний инфракрасный (тепловой) (TIR или TIRS)	B6	10,40 - 12,5	120		
7, коротковолновый инфракрасный (SWIR)	B7	2,09 - 2,35	30		

Таблица 5- Характеристика каналов многоканальных космоснимков спутника Landsat-5

№ канала, название	Индексы каналов	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м	Размер сцены, длина x ширина	Повторяемость
1, голубой (blue)	B1	0,45-0,515	30	170x185	18 суток
2,зеленый (green)	B2	0,525-0,605	30		
3, красный (red)	B3	0,63-0,69	30		
4,ближний инфракрасный (NIR)	B4	0,775-0,90	30		
5,коротковолновый инфракрасный (SWIR)	B5	1,55-1,75	30		
6, тепловой (TIR или TIRS)	B6	10,40-12,5	60		
7, коротковолновый инфракрасный (CIRRUS)	B7	2,09-2,35	30		
8,панхроматический	B8	0,525-0,90	15		

Таблица 6- Характеристика каналов многоканальных космоснимков спутника Landsat-7

№ канала, название	Индексы каналов	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м	Размер сцены, длина x ширина	Повторяемость
1, голубой (New Deep Blue)	B1	0,43-0,45	30	170x185	16 суток
2, синий (blue)	B2	0,45-0,51	30		
3,зеленый(green)	B3	0,53-0,59	30		
4, красный (red)	B4	0,64-0,67	30		
5, ближний инфракрасный (NIR)	B5	0,85-0,88	30		
6, коротковолновый (SWIR)	B6	1,57-1,65	30		
7, коротковолновый инфракрасный (SWIR)	B7	2,11-2,29	30		
8,панхроматический (SWIR)	B8	0,52-0,90	15		
9, коротковолновый инфракрасный (CIRRUS)	B9	1,36-1,38	30		
10,тепловой (TIR или TIRS)	B10	10,6-11,19	100		
11,тепловой (TIR или TIRS)	B11	11,5-12,51	100		

Таблица 7 - Характеристика каналов многоканальных космоснимков спутника Landsat-8

[38].

### 5.1.3 Получение и обработка космических снимков

Источником получения космических снимков является Служба геологической съёмки США (USGS), доступ к которому можно получить посредством сервиса EarthExplorer. EarthExplorer предлагает 40-летние всеобъемлющие спутниковые снимки.

Сайт (<https://earthexplorer.usgs.gov>) позволяет выбирать космические снимки по дате, проценту облачности и любому количеству сенсоров. Дает возможность просматривать каждую сцену по отдельности или все вместе в зависимости от предпочтений. На рисунке -1 изображен ресурс <https://earthexplorer.usgs.gov> [38].

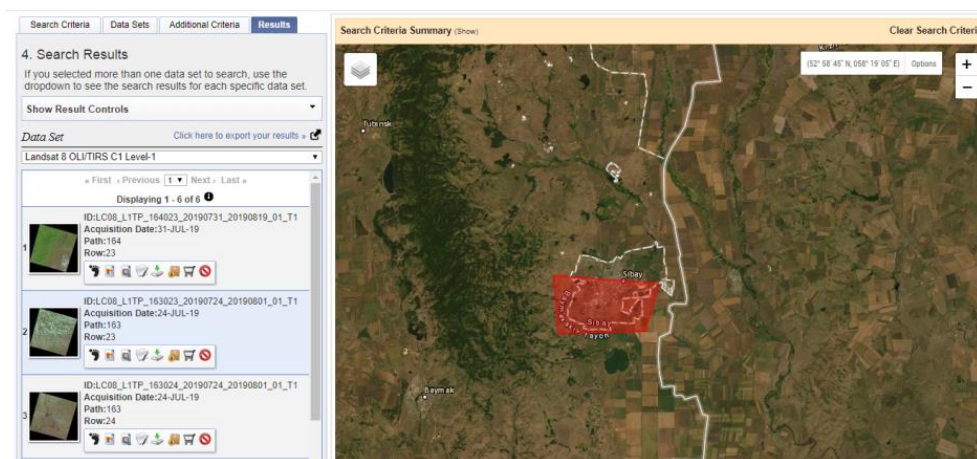


Рис. 18 Ресурс <https://earthexplorer.usgs.gov> [41]

	Съемочная система	Облачность	Дата съемки
Республика Башкортостан, г. Сибай.			
Landsat – 5	TM	10	27.08.1985
Landsat – 5	TM	7	06.07.1995
Landsat – 7	ETM	2	27.07.2000
Landsat – 5	TM	4	31.07.2010
Landsat - 8	OLI_TIRS	7	31.07.2019
Красноярский край, Юрубчено-Тохомовское месторождение			
Landsat - 7	TM	0	05.08.2001
Landsat - 5	TM	0	29.08.2010
Landsat - 8	OLI_TIRS	0	12.07.2019

Табл. 8 Основные характеристики использованных снимков

Методы обработки космических снимков подразделяют на методы предварительной и тематической обработки.

Предварительная обработка космических снимков – это комплекс операций со снимками, направленный на устранение различных искажений изображения. Для выбранных космических снимков первым делом была выполнена атмосферная коррекция. Атмосферная коррекция была выполнена по методу DOS в QGIS с помощью модуля Semi-Automatic Classification Plugin.

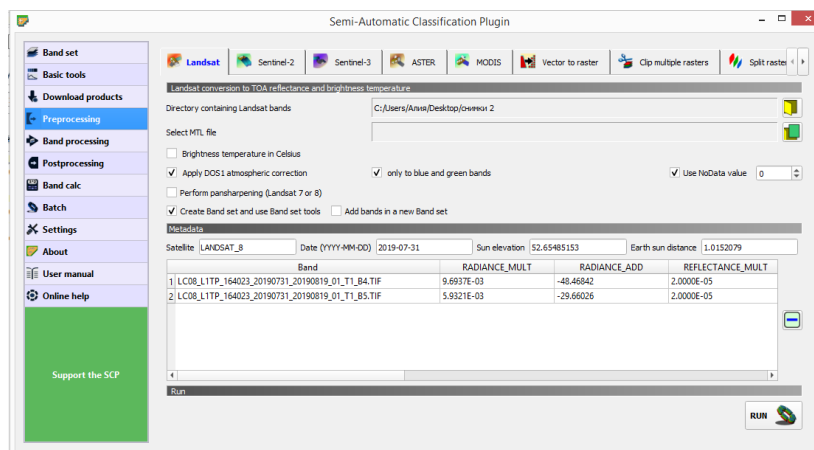


Рис.19 Semi-Automatic Classification Plugin

Следующим этапом является выполнение радиометрической коррекции. Радиометрическая коррекция представляет собой исправление на этапе предварительной подготовки снимков аппаратных радиометрических искажений. Радиометрическая коррекция выполнялась с помощью инструмента «Raster Calculator» в ArcGIS.

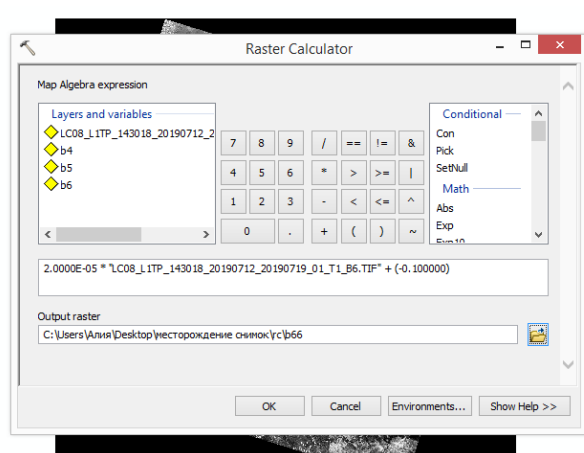


Рис. 20 Инструмент «Raster Calculator»

Источником информации для выполнения радиометрической коррекции являются метаданные космических снимков. На рисунке показан фрагмент метаданных.

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
REQUEST_ID = "0701908190938_00040"
LANDSAT_SCENE_ID = "LC81640232019212LGN00"
LANDSAT_PRODUCT_ID = "LC08_L1TP_164023_20190731_20190819_01_T1"
COLLECTION_NUMBER = 01
FILE_DATE = 2019-08-19T15:54:18Z
STATION_ID = "LGN"
PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LEGS_13.1.0"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
DATA_TYPE = "L1TP"
COLLECTION_CATEGORY = "T1"
ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
WRS_PATH = 164
WRS_ROW = 22
```

Рис. 21 Фрагмент метаданных

Далее, подбираем комбинацию каналов, т.к. при разных комбинациях по - разному видны разные объекты, исходя для от целей использования. Относительно комбинаций

каналов, т.к. рассматриваем растительность, почвы, выбираем комбинации и для снимков 4-5-3 и 5-6-4 Landsat 5 и Landsat 8 соответственно. Эта комбинация ближнего, среднего ИК-каналов и красного видимого канала, которая отображает растительность в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого. Эта комбинация дает возможность анализа влажности и полезны при изучении почв и растительного покрова. Чем выше влажность почв, тем темнее она будет выглядеть, что обусловлено поглощением водой излучения ИК диапазона [37].

Для создания комбинации каналов используем инструменты в ArcGIS :  
Arctoolbox – Data Management Tools – Raster- Raster Processing – Composite Bands. Далее выбираем каналы и сохраняем.

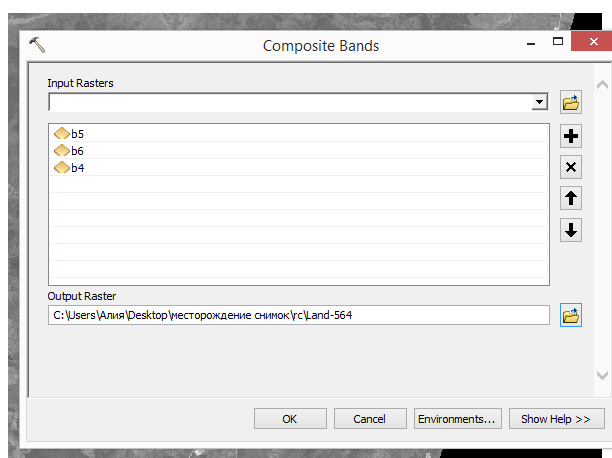


Рис.22 Инструмент «Composite Bands»

Далее, отмечаем исследуемую территорию. Для этого создаем новый шейп-файл и полигоном выделяем территорию.

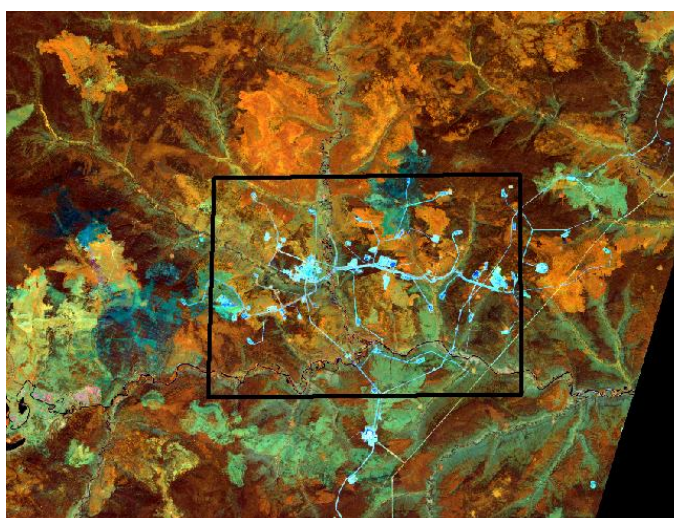


Рис. 23 Исследуемая территория

Так как меня интересует только исследуемая территория, вырезаем его с помощью инструмента «Extract by Mask». Заходим: Arctoolbox – Spatial Analyst Tools – Extraction – Extract by Mask»

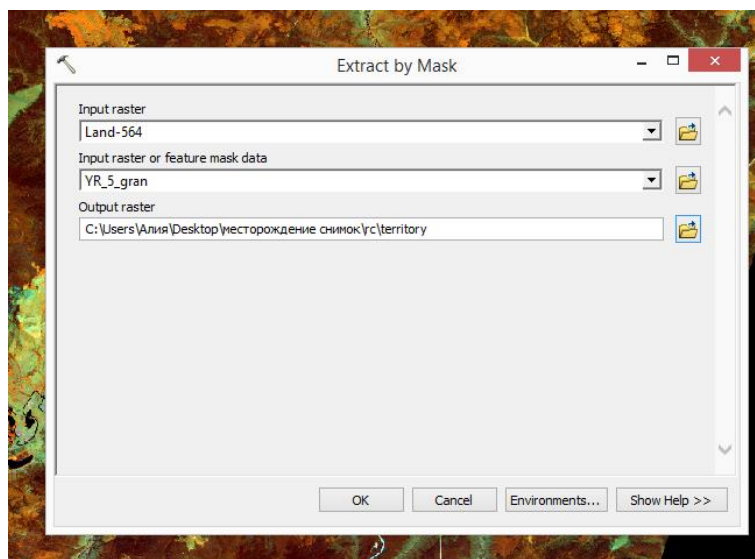


Рис.24 Инструмент «Extract by Mask»

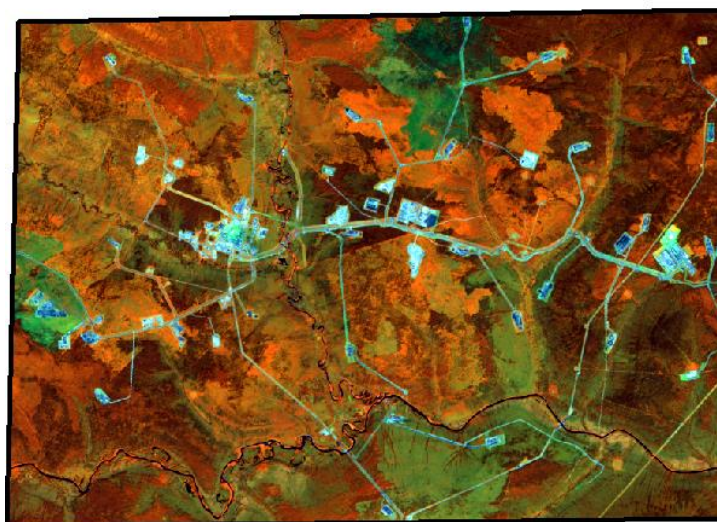


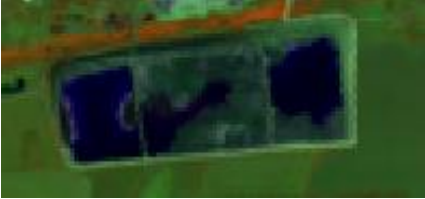
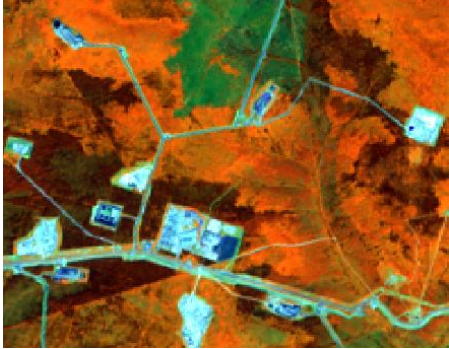
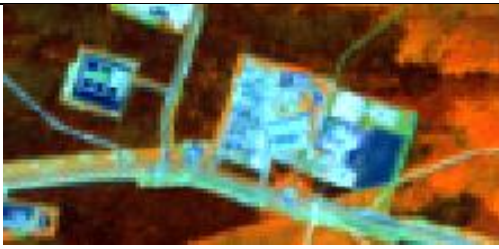


Рис. 25 Результат обрезки

Далее по спутниковым снимкам распознаются и выделяются нарушенные участки земель – проводится дешифрирование спутниковых снимков. Для выполнения дешифрирования важно использование различных комбинаций каналов. При подборе каналов учитываются особенности интересующего объекта, так как разные комбинации могут показывать один и тот же объект по-разному [37]. При выполнении дешифрирования рекомендуется создать свод данных, содержащий образцы изображения участков нарушенных земель на спутниковых снимках и описание дешифровочных признаков.

В таблице - 9 приведено описание дешифровочных признаков нарушенных земель.

Описание дешифровочных признаков нарушенных земель		
Республика Башкортостан – г. Сибай		
	Пятна овальной формы, значительных размеров, полосы разного тона внутри объектов, имеют несколько ярусов	Карьер
	Пятна сегментной формы с веерообразным рисунком, с уплощенными вершинами.	Отвал
	Водный объект с большим по площади песчаным пляжем: вдоль границы объекта светлые пятна (твердые отходы), при переходе к воде тон темнеет, водный объект – темный тон.	Хвостохранилище
Красноярский край – Юрубчено – Тохомское месторождение		
	Белесый цвет объектов, так как снимок сделан в летнее время; Выдержанная форма и четко очерченная граница; Ширина постоянна. Линии ведут к объекту.	Дорога
	Правильная прямоугольная форма антропогенных строений. К объектам ведут дороги.	Строения



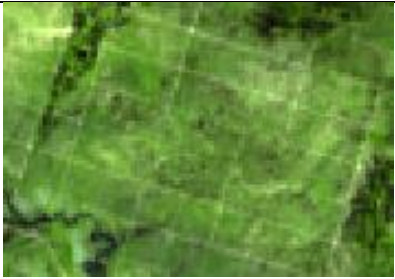



	Линии, разрезающие лесную растительность.	Сейсмопрофиля
	Правильная прямоугольная форма, к которым ведут дороги	Буровые площадки
	Это пятна с резкими извилистыми границами вклинивающиеся в лесной массив. Фон розовый, розоватый.	Гари
	Находятся на границе с гарями, древостой часто разреженный, сухостойный, тон - светло-зеленый с розоватыми пятнами.	Гари различного возраста

Таблица - 9 Описание дешифровочных признаков нарушенных земель

По результатам дешифрирования создаются векторные слои: нарушенные земли. При создании векторных объектов заполняется атрибутивная информация: тип нарушенных земель, площадь.

Для получения почвенной карты по данным дистанционного зондирования был использован алгоритм неконтролируемой классификацией – ISODATA. Для этого используем инструменты в ArcGIS: ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Multivariate – Iso Cluster Unsupervised Classification. С использованием алгоритма кластеризации удалось выполнить автоматическое разделение пикселей изображения на группы сходных по спектральным характеристикам пикселей – кластеры. После проведения неконтролируемой классификации полученная карта классификации объективно отражает близкие по значениям дешифровочных признаков группы объектов.

Для выполнения оценки влияния нарушенных земель на растительный покров была рассчитан вегетационный индекс NDVI.

Вегетационный индекс NDVI рассчитывается с помощью инструмента «Raster Calculator» в ArcGIS: Arc toolbox – Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator.

## 5.2 Анализ полученных данных

На основе проведенной обработки космических снимков была составлена схема динамики нарушенных земель для территории г. Сибая (приложение 3) и составлена таблица динамики площади нарушенных земель, которая представлена в таблице 10.

Таблица -10 Динамика нарушенных земель территории г. Сибая

Тип нарушения почвенного покрова	Площадь нарушенных земель, га					Изменение площади С 1985(2000) по 2019 год га
	1985	1995	2000	2010	2019	
Сибайское медно-цинково-колчеданное месторождение						
Карьер по добыче полиметаллических руд (Сибайский медно-цинковый рудник)	119,5	119,5	119,5	119,5	119,5	-
Отвал 1	642,8	676,5	712	722,2	727,3	84,5
Карьер по добыче известняка	50,6	54,1	84,6	100	100	49,4
Карьер по добыче известняка 2	-	-	-	-	12,3	12,3
Хвостохранилище	84,9	96,3	145,1	185,5	195	110,1
Камаганский карьер	-	-	9,1	33,7	40,1	31
Отвал 2	-	-	9,2	50,1	52,6	43,4
Всего:	897,8	946,4	1079,5	1211	1246,8	330,4

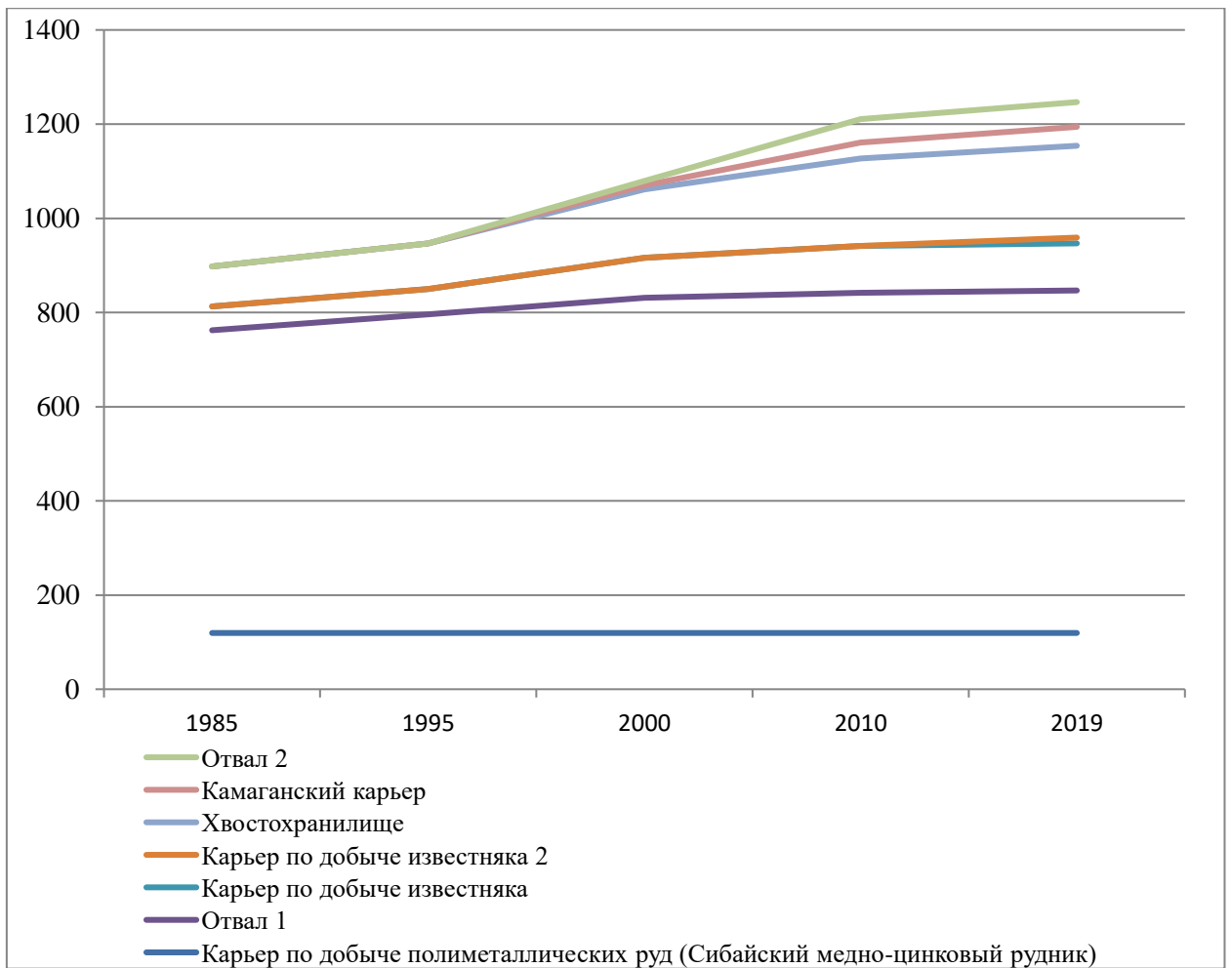


График 1 - Динамика нарушенных земель

Проведенная обработка позволила выявить основные процессы изменения природной среды: увеличение площади техногенных ландшафтов: отвалов, хвостохранилища, карьера по добыче известняка, формирование повышений за счет насыпных и намывных грунтов, увеличение количества техногенных ландшафтов. Так, в 1999 году начали разработку Камаганского карьера и в связи с появлением карьера образовался отвал. По таблице видно, отсутствие изменения площади Сибайского медно-цинкового рудника, но по известным источникам было выявлено дальнейшее увеличения глубины карьера, которое объясняется увеличением разработки и нарастанием антропогенного влияния.

Лабораторные работы, проводившиеся для изучения содержания тяжелых металлов показал в некоторых местах, особенно вблизи техногенных ландшафтов, превышение концентраций веществ, который объясняется природным аномальным содержанием в горных породах тяжелых металлов и антропогенным воздействием на почвы. Как известно, элементный состав почв влияет на растительность. Поэтому для верификации лабораторных данных дистанционным методом был рассчитан вегетационный индекс NDVI за 1995,2010,2019 год. В приложении – 5 показаны карты-схемы значений NDVI.

Достоверность анализа значений NDVI при проведении оценки влияния горнорудного производства на растительность остается очень низкой, поскольку есть ряд других факторов, влияющих на растительный покров: климатические изменения, непосредственно тип растительности, явление смены растительности, влияние инфраструктуры города.

Но по полученным результатам можно сделать вывод об увеличении площади техногенных ландшафтов, площади открытой почвы, увеличении площади разряженной растительности в районах влияния техногенных ландшафтов.

### Юрубчено-Тохомовское месторождение

В приложении – 4 показана схема динамики нарушенных земель Юрубчено-Тохомовского месторождения и составлена таблица- 11 динамики нарушенных земель.

Тип нарушения почвенного покрова	Характеристика	Площадь нарушенных земель, га			Изменение площади С 2001 по 2019 год га
		2001 г	2010 г	2019 г	
Уничтожение почв	Постоянные объекты	215,4	350,2	1911,2	1695,8
	Отсыпки дорог				
Трансформация почв	Гари	7106,4	2381,6	4259,5	2846,9
	Дороги и зимники без отсыпки,				
	Вырубки				
	Буровые площадки, Сейсмопрофиля				
Восстановление почв	Гари пятилетнего возраста	810	3936,8	1839,2	1029,2
	старые буровые				
	старые сейсмопрофиля				
Всего:		8131,8	6668,6	8009,9	5571,9

Таблица -11 Динамика нарушенных земель

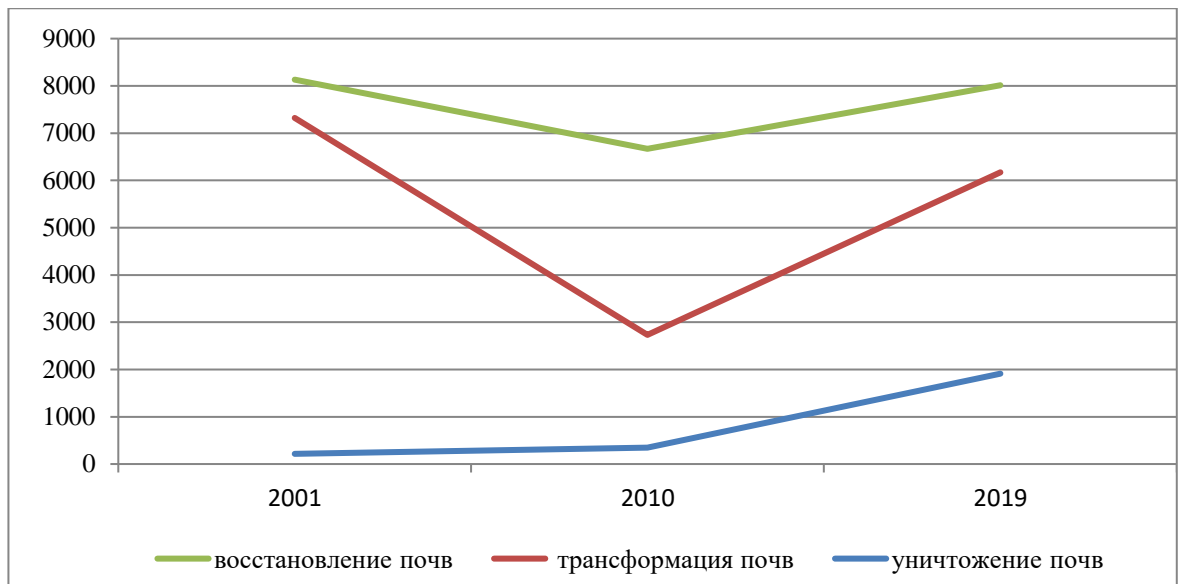


График – 2 Динамика нарушенных земель

При анализе космических снимков Landsat за 2001, 2010, 2019 год было выделено 3 типа нарушения почвенного покрова:

1. Уничтожение почв. К нему относятся постоянные объекты, которые строятся в процессе развития месторождения. Подразумевается полное уничтожение верхнего органогенного слоя почвы путем отсыпки скальным грунтом оснований под объекты инфраструктуры месторождения.

2. Трансформация почв. К этому типу относятся: гари, дороги и зимники без отсыпки, вырубки, буровые площадки, сейсмопрофиля. Процессы изменения почвенного покрова происходят неизбежно в зоне интенсивного техногенного воздействия — прежде всего это механическая трансформация почв, в процессе которой уничтожается верхний плодородный слой почв, разрушается в целом естественный почвенный профиль. После окончания жизненного цикла объектов проводятся работы, направленные на восстановление нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды.

3. Восстановление почв, связанное с окончанием использования участка и рекультивации земель. К нему относятся гари пятилетнего возраста, старые буровые, старые сейсмопрофиля. Такие территории характеризуется постепенным природным восстановлением.

Восстановление почвы и растительности на техногенно - поврежденных территориях начинается уже с первого года. Свойственные разновозрастным таежным лесам ветровальные сукцессии являются одним из ключевых элементов формирования и развития подзолистых почв. В ходе этих сукцессий наблюдается резкая активизация трансформационных и миграционных элементарных почвообразования, постадийное разрушение вовлеченного в элювиальную часть профиля материала иллювиальных

горизонтов и отчетливое углубление элювиальных горизонтов.

На таких территориях наблюдается лесовосстановительный процесс, которые имеют разный возраст и представляют собой разные стадии лесовосстановления – от сообществ с господством видов гаревого разнотравья, кустарников до молодняков мелколиственных и хвойных пород и древостоев более старшего возраста.

Восстановление лесной растительности после катастрофических нарушений (при полном уничтожении растительного покрова), имеет сходные черты для всех типов нарушений. В автоморфных условиях возобновление леса после нарушений может происходить без смены пород, в мезоморфных - через смену пород на березу и осину. При восстановлении лесной растительности без смены пород сообщество происходит через следующие сукцессионные стадии: пионерную → стадию появления подроста лесообразующих (светлохвойных пород) → стадию чащи (молодняка) → стадию жердняка (средневозрастные насаждения) → стадию зрелости (приспевающие и спелые насаждения) → стадию распада или климакса (перестойные насаждения).

При восстановлении лесной растительности со сменой пород сообщество проходит следующие стадии: пионерную → стадию появления подроста мелколиственных пород → стадию чащи (появление подроста лесообразующих пород) → жердняк (образование яруса коренной породы) → спелость и распад яруса мелколиственных пород → стадию распада или климакса (перестойные насаждения). Период восстановления лесного сообщества после верхового пожара, до насаждения, близкого к исходному, составляет сто и более лет.

Значительная часть исследованной территории занята ранними стадиями послепожарного восстановления лесной растительности.

В настоящее время идет развитие инфраструктуры Юрубчено-Тохомовского месторождения и увеличение площадей, занятых техногенными объектами: бурятся новые кусты скважин, прокладываются коммуникации, строится инфраструктура. С каждым годом увеличивается площади, занятые инфраструктурой месторождения и вырубками под нее. Естественные почвы, долговременно формировавшиеся в суровых климатических условиях, уничтожаются под техногенным воздействием в процессе строительства и обустройства объектов нефтегазодобычи. Свойственно полное уничтожение всей лесной экосистемы. Так площадь постоянных объектов в 2001 году составляла 215,4 га, а в 2019 году 1911,2 га (изменение составило 1695,8 га).

На территории со сведенным древостоем, на которых планируется строительство объектов месторождения уничтожен древесный подрост, преобразован нано - и микрорельеф (образовались ямы, канавы и т.д.).

Территория месторождения является пожароопасной. Большие площади лесов подвергаются пожарам. Лесные пожары на территории месторождения имеют как природное, так и антропогенное происхождение. Так в 2001 году площадь гарей составила 5890 га, в 2010 году – 1038,7 га, в 2019 – 1688,4 га. Строительство объектов нефтедобычи и подъездных дорог к месторождениям приводит к значительному сокращению площади естественных земель.

Исследование состояния Юрубчено-Тохомовского месторождения по современным разновременным спутниковым снимкам говорит о значительных механических изменениях и фрагментации ландшафтного покрова.

В приложении - 6 представлен фрагмент автоматической классификации почвенной карты, выполненная на основе растительного покрова, которая позволяет определить основные типы почв.

Для оценки влияния разработки и эксплуатации месторождения, пожаров на растительный покров был рассчитан вегетационный индекс NDVI, который представлен в приложении - 7. Анализируя классифицированные изображения космических снимков можно сделать следующие выводы: площадь растительных сообществ с высокими значениями NDVI существенно различается с 2001 по 2019 год. В 2001 г по сравнению с 2010 годом на изучаемой территории ниже процент лесистости и густого растительного покрова, это связано с тем, что в 2001 году большая площадь подверглась пожарам. С 2010 года наблюдается увеличение антропогенного влияния на растительный покров в связи с обустройством месторождения: на картах 2010 и 2019 год четко видны увеличение количества постоянных объектов, буровых площадок, сейсмопрофилей, дорог. На классифицированных изображениях виден процесс восстановления территорий, которые ранее подвергались пожарам. Отчетливо видно появление новых очагов пожаров на картах 2010 и 2019 года. Исследование влияния месторождения на растительный покров показало увеличение роли механических нарушений в формировании облика технической площадки. Привнос техногенного материала, колеи после проезда техники, оставленные металлолом и бетонные блоки стали причиной полного уничтожения растительного покрова в пределах общей для них технической площадки. Однако уже на отдалении от скважин отмечается рост значений NDVI.

Таким образом, можно сделать вывод, что угнетенный или отсутствующий растительный покров является отличительной особенностью территории, находящийся в процессе интенсивного недропользования. Нефтедобывающая промышленность отличается большой землеемкостью, сильной загрязняющей способностью всех природных сред, высокой пожаро - и взрывоопасностью промышленных объектов.

### 5.3 Разработка рекомендаций

Анализ антропогенного влияния на окружающую среду и нормативно-правовых актов о рациональном использовании земельных ресурсов позволяет сделать вывод о нерациональном использовании земельных ресурсов на исследуемых территориях: это доказывает рассредоточенность строительства объектов месторождения, расположении и количества отходов возникающих при горнорудном производстве [33].

Рациональное использование земельных ресурсов предусматривает выполнение системы мер, направленных на оптимизацию размещения производственных объектов, их параметров, плотности застройки, сроков отчуждения и использования земельных участков. Основной целью охраны земель является предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель, других негативных воздействий и обеспечение улучшения и восстановления земель, подвергшихся негативным воздействиям в результате хозяйственной деятельности. Снижение прямого и косвенного воздействия на земли достигается строгим соблюдением строительных норм и правил, регламентирующих взаимное расположение сооружений и коммуникаций [14].

Важным с позиций организации системы рационального землепользования является разработка и внедрение специальных критериев, характеризующих оптимальность землепользования с учетом региональных особенностей земель. Такими критериями должны являться: – минимизация площади промышленного освоения; – минимизация техногенного загрязнения; – минимизация техногенной трансформации ландшафта.



Рис. 26 Критерии минимизации ущерба в виде системы технологических приемов для достижения эффективного использования земельных ресурсов [32]



На рисунке представлены критерии минимизации ущерба в виде системы технологических приемов для достижения эффективного использования земельных ресурсов при осуществлении нефтегазодобычи и горнорудного производства.

Кроме того предусмотрен следующий комплекс мер, которые направлены на минимизацию негативного воздействия на почвенный покров при строительстве и эксплуатации проектируемых объектов это: закрепление границ отводимой под его строительство территории, строго в соответствии с проектом; запрет на передвижение транспортных средств вне установленных транспортных маршрутов; осуществлять строительство в строго согласованные сроки, определенные календарным графиком проведения работ; работы должны вестись строго в границах, отведенной под строительство территории, не допуская сверхнормативного изъятия дополнительных площадей, связанного с нерациональной организацией строительного потока; использование строительных машин и механизмов, имеющих минимально возможное удельное давление ходовой части на подстилающие грунты, в целях снижения техногенного воздействия; строгое соблюдение всех принятых проектных решений, особенно, в частях касающихся противоэрозионных мероприятий и рекультивации; рекультивация нарушенных земель в ходе и (или) сразу после окончания строительства.

Для организации рационального использования данных территорий необходимо привести нарушенные земли в состояние, пригодное для дальнейшего использования. Это достигается путем проведения комплекса работ направленных на восстановление нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды – рекультивация [5].

Рекультивация территории производства состоит из сложных и комплексных целых сочетаний мероприятий и операций, которые тесно взаимосвязаны между собой и эффективность предыдущего непосредственно влияет на результативность следующего. Но все сводится к: техническому этапу – для территории месторождения это: демонтаж и вывоз бурового оборудования на базу; очистка территории от производственных отходов: труб, металлолома, строительных и бытовых отходов, мусора; срезка захламленного и замазученного слоя грунта в местах загрязнения и захоронение его в шламовом амбаре с добавлением биосорбентов; нейтрализация и захоронение в шламовом амбаре отходов бурения; засыпка котлованов; выравнивание площадки после окончания строительства скважины с засыпкой грунтом, планировка территории буровой площадки и рыхление поверхности грунтов; противопожарное устройство территории в соответствии с правилами пожарной безопасности. Для территории горнорудного производства: это снятие и складирование плодородного слоя почвы, планировку поверхности,

транспортирование и нанесение плодородных почв на рекультивируемую поверхность, строительство осушительной и водоподводящей сети каналов, устройство противозерозионных сооружений. Биологический этап на территории месторождения заключается в естественном лесовосстановлении путем минерализации почвы; а на территории горнорудного производства: проведение мероприятий по восстановлению плодородия рекультивированных земель и возобновлению флоры и фауны [4].

При рекультивации важно определить наиболее эффективное направление использования нарушенных земель обеспечивающее своевременный возврат инвестиций и устойчивое функционирование техноприродных геосистем.

Рекультивация является одним из важнейших природоохранных мероприятий, направленных на восстановление прежнего плодородия нарушенных земель.

## **Заключение**

Применение дистанционных методов при мониторинге нарушенных земель дает возможность оперативно получать сведения о возможном негативном воздействии на окружающую территорию и своевременно принимать природоохранные меры. Доступ к архиву спутниковых снимков открывает широкие возможности для проведения ретроспективных исследований состояния экосистем, позволяет анализировать пространственно-временную динамику трансформации природной среды.

Одним из важнейших условий при выполнении экологических наблюдений за окружающей средой является наличие эффективного метода, алгоритма проведения мониторинга нарушенных земель, которое должно включать в себя комплексное использование результатов полевых обследований, геохимического анализа и данных дистанционного зондирования. Это повысит достоверность и эффективность результата мониторинга. Немаловажным является непосредственное исследование территории: геологии, рельефа, климата, почвы и растительности.

Разработанная мной методика мониторинга нарушенных земель позволила:

- выявить факторы и степень техногенной нарушенности компонентов окружающей среды;
- оценить состояние почвенного и растительного покрова;
- выполнить картографическую оценку нарушенных земель на основе использования ДДЗ;
- разработать мероприятия по восстановлению земель;
- создать тематические карты динамики нарушенных земель для принятия управленческих решений, направленных на планомерное восстановление нарушенных земель и сокращение воздействия техногенных факторов на земельные ресурсы.

Опыт анализа и интерпретации многозональных снимков показал, что их успешно можно использовать для мониторинга нарушенных земель. Применение спутниковых данных и ГИС технологий позволило проанализировать состояние почвенного и растительного покрова на территориях горнорудного производства и нефтегазового месторождения, что оказывает значительную помощь в своевременной оценке экологической ситуации и принятии решений в устранении и профилактике загрязнения окружающей среды. Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы научными организациями, ведущими исследования в области мониторинга нарушенных земель, с целью оценки динамики нарушенных земель и предотвращении влияния негативных процессов на окружающую среду.

### Список использованных источников и литературы

1. Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 31.12.2017).
2. Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения: приказ Министерства экономического развития РФ от 26.12.2014 г. № 852.
3. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель.
4. Методические указания по организации и осуществлению контроля за горнотехнической рекультивацией земель, нарушенных горными разработками. РД 07-35-93
5. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия (с Поправкой) ГОСТ Р 57446-2017.
6. Адиев Т.С., Хабаров Д.А. Анализ современных технологий дистанционного зондирования Земли.
7. Абросимов А.В., Беленов А.В., Брагин Е.А. Космический контроль недропользования и природопользования // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2011. № 12. С. 38–42.
8. Баимова С. Р. Тяжелые металлы в системе «почва-растения-животные» в условиях Башкирского Зауралья: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.16. / Баимова Светлана Ренатовна. – Уфа, 2009. С.19.
9. Бондура В. Г. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. Под редакцией академика– М.: Научный мир, 2012. С. 558.
10. Барталев С. А., Лупян Е. А. Исследования и разработки ИКИ РАН по развитию методов спутникового мониторинга растительного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.-2013. – Т. 10.- №1.- С. 197-214.
11. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М., 1988. – С.328.
12. Гордиенко А. С. Применение индексных изображений при выявлении изменений по разновременным космическим снимкам. Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия.

13. Дроздова И. В. Индикация загрязнения среды тяжелыми металлами по аккумулирующей способности растений // Методические вопросы оценки экологического состояния окружающей среды / Под ред. В. Н. Мовчана. – СПб., 1998, С. 456
14. Иванов К.Д. Добыча и обогащение руд цветных металлов. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 2017 г.. С. 356.
15. Копылова В.Н., Кочергин Г.А. , Полищук Ю.М., Хамедов В.А. Использование данных ДЗЗ при решении региональных задач рационального природопользования. Югорский институт, Ханты-Мансийск. С. 167-180.
16. Ковалева В.Г., Старожилов В.Т. , Дербенцева А.М. Почвы и техногенные поверхностные образования: монография. Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2012. С.159
17. Куртушин Н.А., Чупин С.Ю. Применение спутниковых данных Landsat в задачах дистанционного зондирования земли. Проект ГПО АСУ-1306 Обработка спутниковых данных.С.245.
18. Кутлиахметов А. Н. Геоэкологическое состояние природно-технических систем районов золотодобычи в Башкирском Зауралье. Екатеринбург 2015.С.234.
19. Лабутина И.А. Балдина Е.А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ. Методическое пособие. — WWF России Москва, 2011. С.88.
20. Мячина К.В. Чибилев А.А. Выявление нарушенных нефтедобычей степных земель Оренбургского Заволжья на основе спутниковых данных. Институт степи УрО РАН.С.131-145.
21. Муратова Э. Э., Опекунова М. Г. Воздействие горно-обогатительных предприятий на состояние земельных ресурсов Южного Урала. Тезисы докладов Международной конференции “Взаимодействие общества с окружающей средой в условиях глобальных и региональных изменений”. Москва – Барнаул, 20-30 июля 2003 года. С.241-243.
22. Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю., Грибалев О.В., Краснов Д.А., Бобров Д.Г., Осипенко О.А., Соловьева Н.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. Экологическое состояние антропогенно нарушенных территорий // Вестник С.-Петерб. ун-та, 2002. – Сер. 7: Геология, география. Вып. 1. № 7. С. 63–71.
23. Опекунова М.Г., В.В. Сомов, Э.Э, Папаян Загрязнение почв в районе воздействия горнорудных предприятий Башкирского Зауралья.

24. Папян Э.Э. Оценка воздействия горнорудного производства на природно-территориальные комплексы Башкирского Зауралья методами биоиндикации: диссертация ... кандидата Географических наук: 25.00.36. С.189.
25. Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Кузнецова Р.С., Сенатор С. А. Космический мониторинг в ландшафтно-экологических исследованиях.
26. Ципинова Б. С. Мониторинг земель. Учебно-методическое пособие. – Майкоп, 2016.
27. Чернова З.Г. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Учебное пособие. Издание Тамбовского госуниверситета. 2015 год. С.256.
28. Черныш А. Ф. Мониторинг земель: Пособие для студентов географического факультета / А. Ф. Черныша.- Мн.: БГУ. С.145.
29. Шибалова Г.В. Возможности применения дистанционного зондирования для сбора информации о нарушенных землях. Мелиорация и рекультивация, экология.
30. Шугаипова Л.Р. Экологический мониторинг нарушенных земель и растительности горнопромышленного производства при помощи ГИС– систем // Новые технологии в промышленности, науке и образовании, сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, 2017. С.184-186.
31. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. Москва: Техносфера, 2010. С.560.
32. Эйдензон Д. В., Ижмулкина Е. А. Система мониторинга окружающей природной среды техногенных ландшафтов // Достижения науки и техники, 2012. С 66-67.
33. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Учебное пособие. Изда-во Тамбовского госуниверситета. С.234.
34. Jensen J.R. Introduction to Digital Image Processing: A remote sensing perspective, 2<sup>nd</sup> edition, Piscataway, NJ: Prentice Hall. 1996. P.544..
35. Muthanna Albayati Desertification Monitoring Using Remote Sensing and GIS Technique. P.345.
36. El Baroudy, A.A. Monitoring land degradation using remote sensing and GIS techniques in an area of the middle Nile Delta, Egypt

#### Интернет-ресурсы

37. Комбинация каналов [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – Режим доступа: <https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>

38. Сибайский карьер [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – Режим доступа: <https://nashural.ru/article/promyshlennost-urala/sibajskij-karer/>
39. Юрубчено-Тохомское месторождение [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/141618-yurubcheno-tokhomskoe-mestorozhdenie-i-zona-neftegazonakopleniya-yutz/>
40. Юрубчено-Тохомское месторождение [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – Режим доступа: <https://www.rosneft.ru/docs/report/2018/ru/results/new-fields/yurubcheno-tokhomskoye-field.html>
41. Космические снимки [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
42. Космические снимки Landsat [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – Режим доступа: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-8-ldcm>
43. Космические снимки Landsat [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – Режим доступа: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>

## Приложение 1

Классификация техногенных воздействий, возникновение которых возможно в процессе проведения горных работ и разведочного бурения

Название воздействия	Описание воздействия	Перечень конкретных воздействий	Время (длительность, включая последствия)	Масштаб в пространстве и интенсивность	Структура
Временное или постоянное изъятие земель и нарушение природных местообитаний	<p>Воздействие обусловлено необходимостью размещения технологического оборудования, временного землеотвода, строительство подъездных дорог, жилья для персонала. Нарушения в окружающей среде могут происходить также опосредственно – вследствие потери ценности местообитаний при их загрязнении и деградации. Наиболее опасными являются аварийные сбросы на почво-грунты различного рода загрязнителей, основными из которых будут: ГСМ, сырая нефть, реагенты, применяемые при бурении скважин и строительный мусор.</p> <p>В процессе вскрышных и добычных работ, а также операции по размещению отходов сопровождаются нарушением ландшафтов, утратой растительного и почвенного покрова, местообитаний на территории производства работ. Внешние отвалы могут занимать значительные площади, преобразуя естественный рельеф местности, и являться источником загрязнения окружающей среды.</p>	Мезо - и нанорельеф, почва, растительный покров, сток	От кратковременного до многолетнего	Локальный, от низкой до средней	Пятнистая, площадная
Воздействие на гидрогеологические структуры и объекты	<p>Комплекс воздействий, обусловленных нарушением целостности и естественной защищенности гидрогеологических горизонтов. Неблагоприятное воздействие на запасы пресных подземных вод может оказываться вследствие их изъятия на нужды водоснабжения буровых установок.</p> <p>На этапе эксплуатации добыча руд оказывает значительное воздействие на недра за счет изъятия горной массы из недр и нарушения состояния геологической среды. Нарушения</p>	Подземные воды	аналогично	Локальный, от низкой до высокой	Площадная



	геологической среды проявляются в виде: формирования подземных полостей; изменений полей напряжений в горном массиве; нарушения циркулирующих в недрах водоносных газовых и других потоков.				
Воздействие на атмосферу	<p>Комплекс воздействий, приводящих к увеличению концентраций загрязняющих веществ в атмосфере. Выбросы загрязнителей возможны от целого ряда организованных и неорганизованных стационарных и передвижных источников.</p> <p>Источниками выбросов в атмосферу при разведочного бурения являются энергетические установки, обслуживающие буровые станки, автотранспорт. Преобладающими в составе загрязнителей являются легкие углеводороды и продукты выбросов двигателей внутреннего сгорания.</p> <p>Ориентация технологии открытых горных работ на применение высокопроизводительных буровых, погрузочных, транспортных средств, а также использование при массовых взрывах больших количеств взрывчатых веществ приводят к увеличению выбросов в атмосферный воздух вредных веществ. В рудных карьерах источники выделения вредностей носят неорганизованный и нестационарный характер. Ими являются: массовые взрывы, производящиеся в пределах размещения технологического оборудования – буровых станков, экскаваторов, дробилок; локальные источники – хвостохранилища, отвалы, склады; пылевыведения с поверхности дорог, железнодорожных вагонов. Значительным пылевыведением сопровождается транспортировка горной массы в карьерах. Горное производство характеризуется большим количеством выбросов в атмосферу диоксида</p>	Воздушная среда, растительность	аналогично	Локальный, от низкой до высокой	Площадная

	серы и частиц тяжелых металлов: Ni (никель), Cu (медь), Co (кобальт) и др.				
Воздействие шумов и разных видов излучения	<p>В процессе разведочного бурения наблюдаются следующие виды физических воздействий на окружающую среду:</p> <p>воздействие шума от работы технологического оборудования и автотранспорта; воздействие теплового излучения; воздействие радиоактивного излучения. Основными источниками шумов при разведочном бурении являются: транспорт, насосы. Отмечаемые уровни шумовых нагрузок могут рассматриваться, как фактор беспокойства для животного населения вблизи площадки, который снижается от места проведения работ. Уровни звуков практически при всех технологических процессах открытых и подземных горных работ, эксплуатации буровых и погрузочно-доставочных машин, хоть и незначительно, но превышают допустимые санитарные уровни.</p>	Люди, животные, почва	Временное	Локальный, низкая	Площадная

<p>Загрязнение поверхностных и грунтовых вод</p>	<p>Воздействия, обусловленные поступление в окружающую среду «сточных вод». Сточные воды, образующиеся в процессе испытательных работ и от систем обеспечения жизнедеятельности полевого персонала, при сбросе в поверхностные водоемы могут оказывать отрицательное воздействие на их гидрохимическое и санитарное состояние. При хранении отходов производства загрязнение окружающей среды в большинстве случаев связано с воздействием отработанных буровых растворов, буровых сточных вод. Многие материалы и химические реагенты, применяемые в бурении, хотя и относительно безвредны, при определенном количестве, способны проявлять токсичные средства. При производстве работ и в полевых лагерях образуются также твердые производственные отходы, строительный мусор, использованная тара и упаковки, металлолом, твердые бытовые отходы.</p> <p>При эксплуатации горнодобывающего предприятия образуются поверхностные и хозяйственно-бытовые сточные воды. Воздействие сброса сточных вод в поверхностные водные объекты проявляется в изменении гидрологического режима, химического состава, повышении мутности и заиливании дна, что негативно сказывается на водном биоразнообразии. Может наблюдаться снижения уровня подземных вод, которое может вызвать высыхание колодцев и водозаборных скважин.</p>	<p>Поверхностные воды, почва, растительность, водные животные.</p>	<p>От кратковременного до многолетнего</p>	<p>Локальный, от низкой до высокой</p>	<p>Площадная</p>
--	---	--	--	--	------------------

<p>Воздействие на почвенный покров</p>	<p>Воздействия, приводящие к нарушению состояния естественного почвенного покрова, его физико-химических свойств. Происходит главным образом при обустройстве подъездных путей к буровым площадкам, размещения бурового и технологического оборудования, временного жилья для персонала и подъездных дорог к ним. В непосредственной близости буровой наблюдается интенсивное физико-химическое воздействие на почвенно-растительный покров транспорта, техники, другого оборудования, приводящее к серьезным изменениям естественно – природных экосистем. Наиболее опасны проливы на почвенно-растительный покров различного рода загрязнителей, основными из которых являются ГСМ, нефть, а также неорганизованные свалки различного рода промышленного и хозяйственно-бытового мусора. Основным фактором, обуславливающее экологическое состояние почв в зоне воздействия горнорудного производства являются техногенное загрязнение тяжелыми металлами, воздействие приводит к резкому увеличению содержания подвижных форм ТМ в почвах. Вблизи объектов содержание тяжелых металлов превышает предельно допустимые концентрации.</p>	<p>Мезо-, нанорельеф, почвенный покров, сток, растительность</p>	<p>Аналогично</p>	<p>Локальный, от низкой до высокой</p>	<p>Площадная</p>
<p>Воздействие на растительный и животный мир</p>	<p>Воздействия, приводящие к изменению в животном и растительном мире, включая структуру популяций животных и растений их численность, распространение и динамику. Прямое воздействие на растительные сообщества преимущественно связаны с работой автотранспорта, строительными работами, вырубками, расчистками и пожарами. Косвенное воздействие может быть связано с загрязнением среды. В отношении животных наиболее заметно влияние фактора беспокойства, связанного с постоянным</p>	<p>Растительность, животный мир</p>	<p>Аналогично</p>	<p>Локальный, от низкой до высокой</p>	<p>Площадная</p>

	<p>присутствием в местах их обитания людей и техники, интенсивным шумовым и световым воздействием. Более сложный и неочевидный характер носит, особенно в долгосрочном плане, влияние химического загрязнения на растительный и животный мир.</p>				
<p>Воздействие на социальную и экономическую сферы</p>	<p>Комплекс воздействий изменяющих условия социальные и экономические условия. В ходе проведения разведочного бурения, потенциальные неблагоприятные воздействия могут быть обусловлены экономическими потерями местного населения вследствие изъятия охотничьих угодий и земель другого традиционного хозяйственного использования территории. Косвенные потери связаны с воздействием на промысловые виды млекопитающих, птиц и рыбные ресурсы.</p> <p>В результате загрязнения и изменения компонентов окружающей среды в процессе добычи полезных ископаемых происходит угнетение биоценозов на прилегающих территориях; оказывается воздействие на социально-экономические и рекреационные условия проживания населения на близлежащей территории; изменяются среда обитания человека; состояние компонентов биогеоценозов и биоразнообразия, условия землепользования; снижается стоимость объектов недвижимости и земель.</p>	<p>Растительность, животный мир</p>	<p>Аналогично</p>	<p>Локальный, от низкой до высокой</p>	<p>Площадная</p>

## Приложение 2

Валовые содержания ТМ в почвах исследуемых ПТК (мг/кг, среднее/минимальное-максимальное значения)  
(1998–2015 гг.) [24].

год	n	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	Ni	Cd	Co	Cr
<b>Фоновая территория, п. Мукасово -Туркменево, Красноуральско-Сибай-Гайская рудоносная зона</b>										
1998	3	<u>20142</u> 17760-21422	<u>70</u> 61-86	<u>105</u> 83-139	<u>603</u> 393-750	<u>24,5</u> 22,5-26,3	<u>114</u> 95-148	<u>0,05</u> 0,00-0,15	<u>12,2</u> 11,1-13,2	н/о
1999	23	<u>41636</u> 17336-106310	<u>50</u> 34-82	<u>238</u> 137-517	<u>1525</u> 324-10957	<u>20,6</u> 13,2-34,8	<u>35,6</u> 15,9-74,2	<u>0,13</u> 0,01-0,41	<u>16,67</u> 4,70-38,20	<u>23</u> 0,50-183
2000	22	<u>42593</u> 7518-60083	<u>40</u> 5,9-62	<u>80</u> 0,01-463	<u>424</u> 41-1151	<u>15,9</u> 0,05-34,9	<u>16,4</u> 1,9-37,1	<u>0,07</u> 0,01-1,18	н/о	н/о
2001	12	<u>38900</u> 25900-61300	<u>59</u> 43-73	<u>184</u> 103-289	<u>469</u> 238-686	<u>22,7</u> 19,2-27,5	<u>17,53</u> 6,5-42,1	0,01	<u>7,89</u> 4,20-9,90	н/о
2002	8	<u>33262</u> 25900-45800	<u>55</u> 43-63	<u>171</u> 103-271	<u>398</u> 238-559	<u>21,4</u> 19,2-24,3	<u>16,6</u> 6,5-42,1	0,01	<u>7,29</u> 4,20-9,90	н/о
2003	8	<u>31438</u> 19500-45600	<u>54</u> 41-76	<u>175</u> 101-288	<u>364</u> 257-454	<u>19,1</u> 15,3-21,7	<u>10,3</u> 7,4-16,4	0,01	<u>3,87</u> 2,86-5,68	н/о
2004	8	<u>30044</u> 19800-39056	<u>34</u> 19-57	<u>160</u> 141-175	<u>341</u> 270-406	<u>18,9</u> 15,2-22,0	<u>5,80</u> 1,33-8,56	0,01	<u>5,76</u> 2,04-8,85	н/о
2005	10	<u>46954</u> 45788-48120	<u>172</u> 110-230	<u>130</u> 70-200	<u>1210</u> 700-1500	<u>39,6</u> 18-150	<u>70</u> 27-91	<u>0,66</u> 0,35-0,94	<u>57</u> 11-68	<u>83,5</u> 49-100
2014	10	<u>19677</u> 13,755-23625	<u>75</u> 46,8-105	<u>158</u> 82,8-481	<u>868</u> 620-1162	<u>16,0</u> 7,81-29,5	<u>25,8</u> 17,5-31	<0,5	<u>21,4</u> 14-27,8	<u>58</u> 37-71
2015	8	<u>17583</u> 10605-22505	<u>90,4</u> 50,5-197	<u>163,7</u> 102-236	<u>1181</u> 852-1937	<u>14,8</u> 9,1-24,4	<u>28,5</u> 20,1-49,5	<u>0,66</u> 0,60-0,72	<u>19,75</u> 12,4-25,6	<u>54,1</u> 35 -75,2
<b>пос. Калининское</b>										
1998	5	<u>27149</u> 42-106776	<u>336</u> 41,5-1552	<u>270</u> 90-657	<u>5613</u> 68-21579	<u>38</u> 22-77	<u>40</u> 3,9-56	<u>2,41</u> 0,01-12,47	<u>23,15</u> 0,10-105	<u>125</u> 0,50-367
1999	6	<u>30762</u> 27657-33083	<u>117</u> 40-205	<u>368</u> 135-622	<u>729</u> 681-788	<u>20</u> 16-24	<u>59</u> 42-74	<u>0,71</u> 0,02-1,30	<u>24,17</u> 11,41-33,80	<u>68</u> 39-118
2000	6	<u>28462</u> 22916-36373	<u>241</u> 31-813	<u>1345</u> 106-6224	<u>480</u> 177-613	<u>38,1</u> 12,9-109	<u>38</u> 29-46	<u>4,43</u> 0,02-25,40	н/о	н/о
2001	5	<u>31887</u> 23362-36373	<u>76</u> 23-112	<u>172</u> 59-256	<u>506</u> 330-636	<u>19,5</u> 12,9-24,6	<u>35</u> 30-38	н/о	н/о	н/о

2003	4	н/о	<u>1108</u> 930-1400	<u>1400</u> 1000-1900	<u>945</u> 700-1100	<u>74</u> 28-100	<u>50</u> 38-58	<u>14,1</u> 9,6-27,0	<u>19,5</u> 15,0-26,0	<u>74</u> 60-100
2015		24966 19915-31710	<u>333,5</u> 120-759	<u>519,5</u> 149-1020	<u>1885</u> 1007-3718	<u>30</u> 13,8-44	<u>49,7</u> 31,2- 64,6	<u>0,8</u> 0,5-1,4	<u>26,5</u> 23,9-33,8	<u>82</u> 57-101
<b>пос. Старый Сибай</b>										
1999	6	<u>29945</u> 16282-38322	<u>52</u> 34-103	<u>335,22</u> 209-745	<u>779</u> 655-925	<u>16,5</u> 10,4-22,4	<u>44</u> 32-60	<u>0,15</u> 0,02-0,46	<u>18,1</u> 12,70- 24,39	<u>49,5</u> 0,00-140
2001	7	<u>31888</u> 23362-36373	<u>76</u> 23-112	<u>172</u> 59-256	<u>505</u> 330-636	<u>19,5</u> 12,9-24,6	<u>35</u> 30-38	н/о	н/о	н/о
2003	4	н/о	<u>332</u> 250-480	<u>172</u> 140-200	<u>847</u> 600-1200	<u>15</u> 13-17	<u>28</u> 23-35	<u>2,30</u> 1,50-3,20	<u>8,8</u> 6,0-10,0	<u>58</u> 32-84
2004	7	<u>14864</u> 3737-38653	<u>35</u> 17-61	<u>87</u> 18,9-212	<u>303</u> 74-757	<u>11,2</u> 0,05-26	<u>12,7</u> 0,08-3	н/о	<u>6,6</u> 0,10-25,3	н/о
<b>Карьер Камаган</b>										
1999	4	<u>31618</u> 26746-33497	<u>60</u> 30-92	<u>313</u> 245-424	<u>764</u> 708-790	<u>16,1</u> 10,0-21,3	<u>57</u> 34-71	<u>0,22</u> 0,02-0,50	<u>25</u> 17-33	<u>78</u> <0,001-125
2001	5	<u>18079</u> 10444-29517	<u>73</u> 28-189	<u>84</u> 34-143	<u>324</u> 225-473	<u>9,7</u> 0,05-29	<u>25,9</u> 12,5- 38,6	н/о	<u>20</u> 8,1-32	н/о
2003	6	н/о	<u>378</u> 170-660	<u>265,00</u> 80,00-680,00	<u>721,67</u> 460-980,00	<u>32</u> 15-80	<u>38</u> 32-44	<u>4,3</u> 1,3-15,0	<u>13,3</u> 7,0-19,0	<u>66</u> 45-80
2004	4	<u>19608</u> 12078,60- 33048,10	<u>108</u> 40-227	<u>204</u> 59-363	<u>548</u> 272-849	<u>23</u> 0,05-47	<u>32</u> 20-48	0,02	<u>24</u> 17-28	н/о
<b>Месторождение Юбилейное</b>										
2000	15	<u>34285</u> 23290-42245	<u>22</u> 12-31	<u>130</u> 67-245	<u>714</u> 526-1565	<u>17</u> 13-21	<u>40</u> 10,5-79	0,02	н/о	н/о
2001	7	<u>25943</u> 11160-36232	<u>23</u> 13-42	<u>55</u> 26-90	<u>251</u> 108-382	<u>14,8</u> 7,0-21	<u>33</u> 16-44	н/о	н/о	н/о
<b>Месторождение Семеновское</b>										
1998	6	<u>24890</u> 3807-59122	<u>262</u> 17-1059	<u>146</u> 24-335	<u>185</u> 58-424	<u>37</u> 11-78	<u>28</u> 5,0-48	<u>3,2</u> 0,17-17,6	<u>7</u> 2,8-13	н/о
1999	10	<u>33684</u> 26744-40787	<u>79</u> 53,61-97,44	<u>266</u> 131-435	<u>956</u> 658-2185	<u>45</u> 16-104	<u>49</u> 34-68	<u>0,14</u> 0,02-0,39	<u>17</u> 10,9-35	<u>53</u> <0,001-88
<b>Коллективные сады г. Сибай</b>										
1998	4	<u>29663</u> 15884-39669	<u>107</u> 64-146	<u>195</u> 139-227	<u>701</u> 614-874	<u>33</u> 28-38	<u>65</u> 11,8-117	<u>0,55</u> 0,20-0,85	<u>14,3</u> 12,3-19,0	<u>147</u> 0,10-255
1999	9	<u>33545</u> 23054-41297	<u>113</u> 69-180	<u>350</u> 195-481	<u>855</u> 608,70-1317	<u>27,91</u> 13,42- 83,36	<u>61,29</u> 45,55- 78,34	<u>0,63</u> 0,02-1,88	<u>22</u> 15-37	<u>54</u> 0,01-130

2000	18	<u>34968</u> 17853-46797	<u>89</u> 51-147	<u>230</u> 88-454	<u>702</u> 450-1276	<u>18</u> 11-28	<u>32</u> 11-69	н/о	н/о	н/о
ОДК,2009		-	132	220	-	130	80	-	-	-
Кларк по Р. Бруксу, 1986		25000	70	80	1000	25	100	0,13	20	100
РГФ		37102	49	223	1061	20	34	0,15	15	14



### Приложение 3

Схема динамики нарушенных земель в процессе горнорудного производства на территории г.Сибая  
Нарушенные земли в процессе горнорудного производства на территории г.Сибая






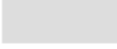











#### Приложение 4

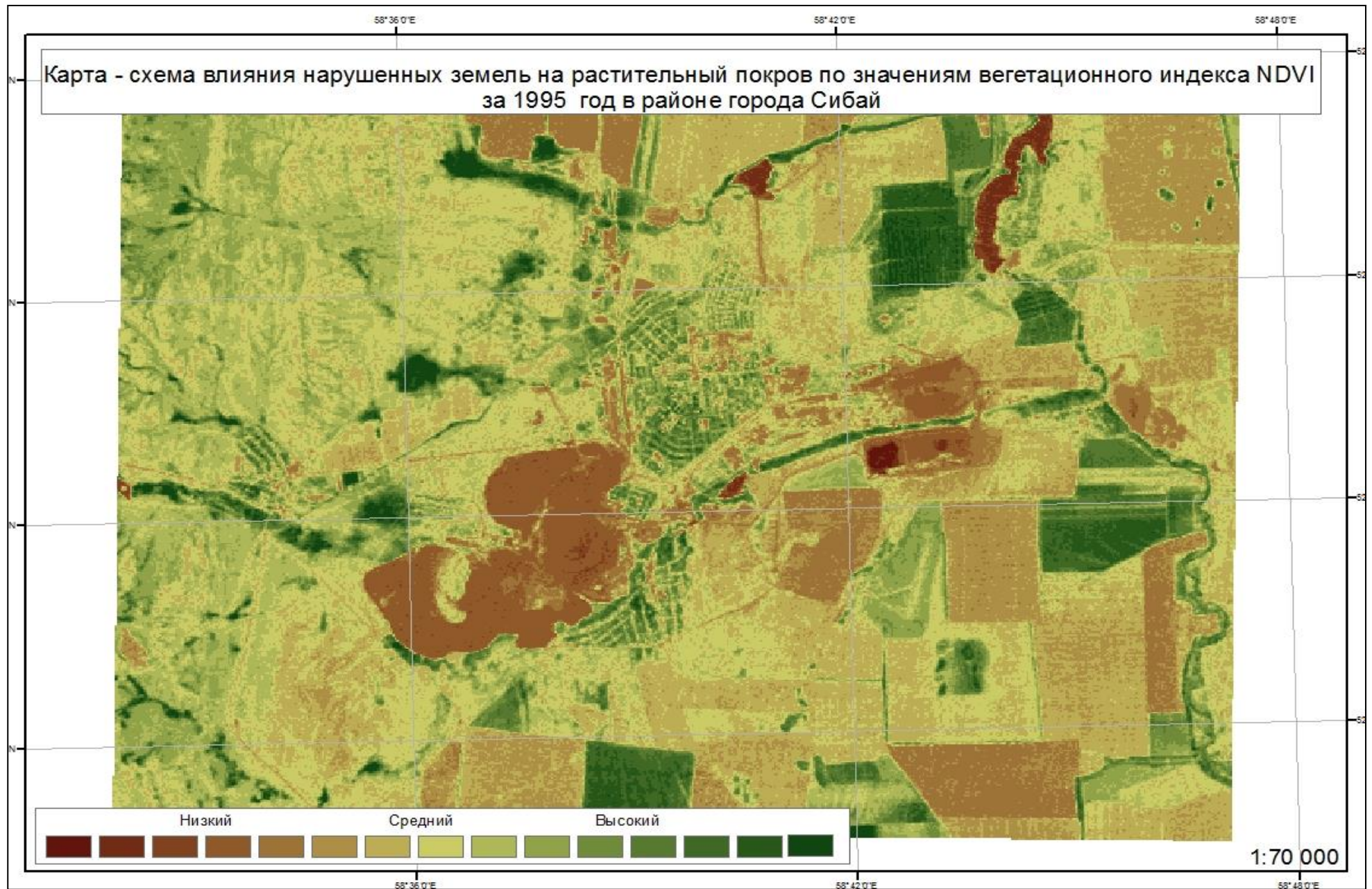
Схема динамики нарушенных земель Юрубчено-Тохомовского месторождения



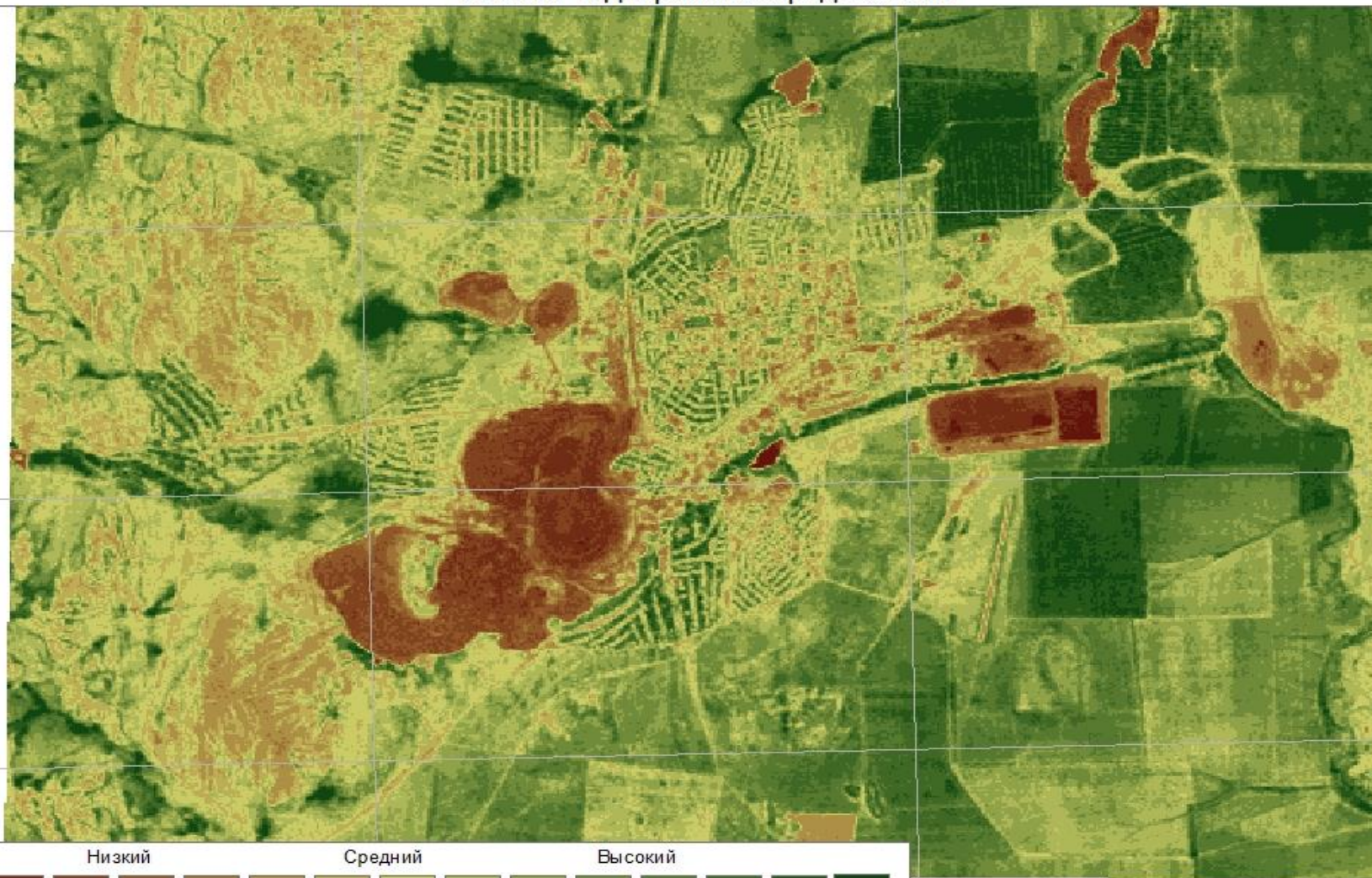
## Условные обозначения

Грунтовые дороги	
	2001 года
	2010 года
	2019 года
	Постоянные объекты 2001 года
	Постоянные объекты 2010 года
	Постоянные объекты 2019 года
	Старые буровые площадки 2001 года
	Буровые площадки 2001 года
	Буровые площадки 2010 года
	Буровые площадки 2019 года
	Гари пятилетнего возраста 2001 года
	Гари пятилетнего возраста 2010 года
	Гари пятилетнего возраста 2019 года
	Гари 2001 года
	Гари 2010 года
	Гари 2019 года
Сейсмопрофили	
	2001 года
	2010 года
	2019 года

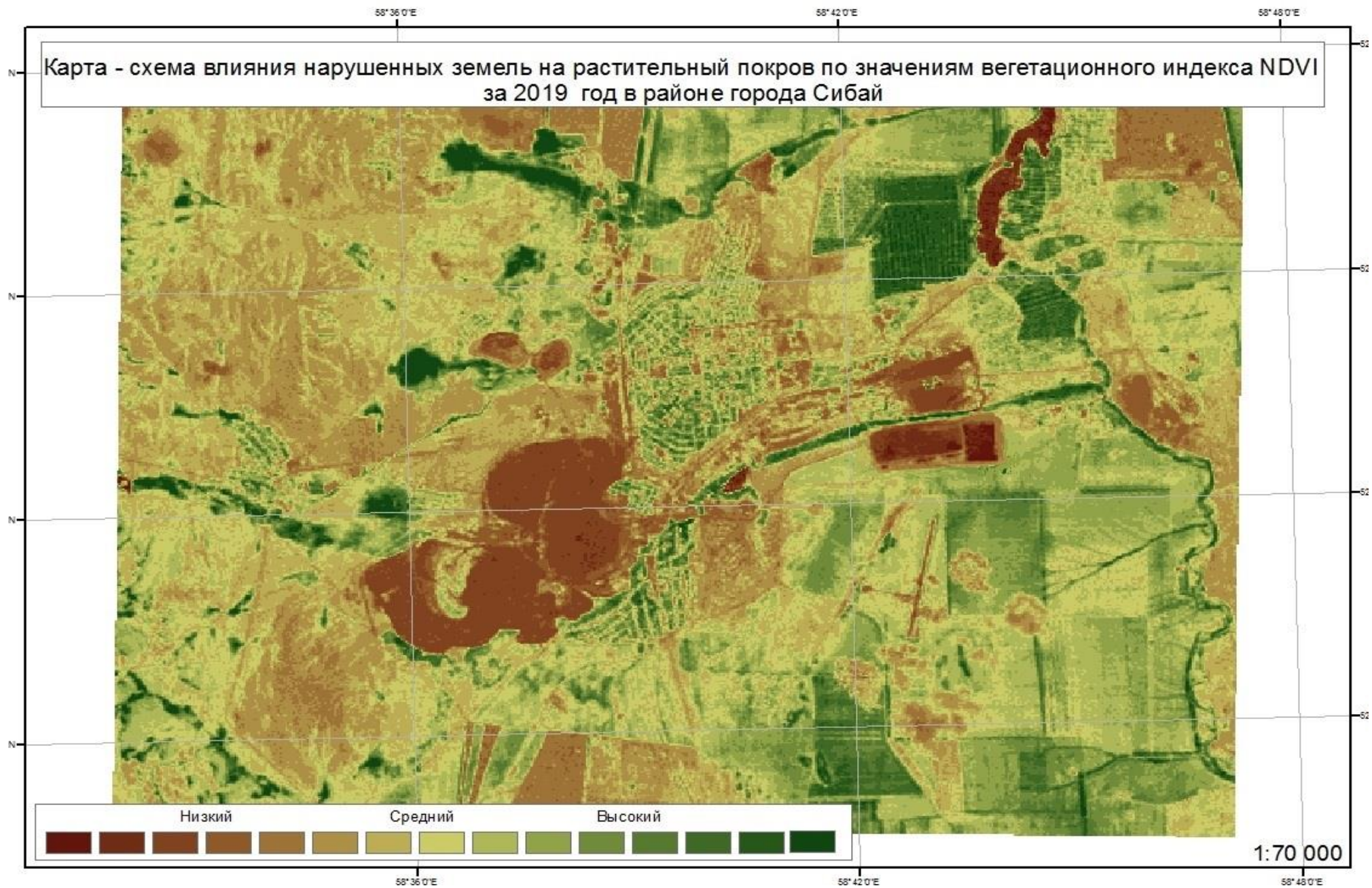
## Приложение 5



Карта - схема влияния нарушенных земель на растительный покров по значениям вегетационного индекса NDVI за 2010 год в районе города Сибай

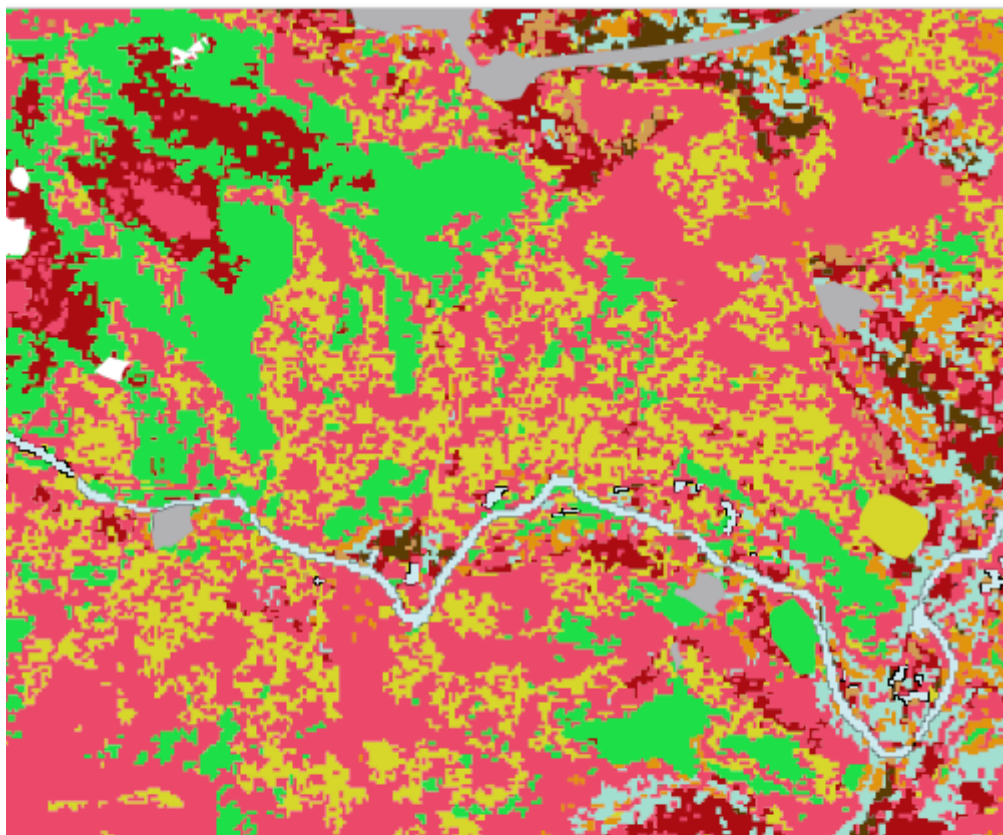


1:70 000



## Приложение 6

Фрагмент карты автоматической классификации почвенной карты, выполненная на основе растительного покрова



Легенда

- Буросемы глеевые в комплексах с глеезами типичными и грубогумусированными
- Буросемы грубогумусированные и перегнойные остаточно-карбонатные
- Вода
- Глеезы типичные и грубогумусированные
- Глеезы, торфяно-глеезы в комплексах с аллювиальными торфяно-минерально-глеевыми
- Органо-криометаморфические в комплексах с буросемами грубогумусированными остаточно-карбонатными
- Органо-криометаморфические в комплексах с торфяно-глеезами, торфяными олиготрофными мерзлотными
- Органо-криометаморфические почвы
- Подбуры грубогумусированные
- объекты капитальные

750 0 750 1500 2250 3000 м



## Приложение 7

