МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ
Кафедра социально-экономической географии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ
ЗАИМСТВОВАНИЯ
и.о.заведующей кафедрой
к.г.н., доцент
_____ И.Д. Ахмедова
25 июня 2019 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

ВОЗМОЖНОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ (НА ПРИМЕРЕ НАДЫМСКОГО РАЙОНА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА)

05.04.06 Экология и природопользование
Магистерская программа *«Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»*

Выполнил работу
Студент 2 курса
очной формы обучения
Фахретдинов Артур Венерович

Научный руководитель
(д.б.н., профессор)
Соромотин Андрей Владимирович

Рецензент
(гл. специалист научно-исследовательского отдела "Экология" Тюменского отделения "СургутНИПИнефть", к.г.н., доцент)
Хатту Алексей Армасович

г. Тюмень, 2019

Аннотация

В работе показаны возможности использования вегетационного индекса NDVI для оценки фитомассы растительного покрова техногенно нарушенных участков в северотаежных лесах Западной Сибири. С помощью данных наземных полевых исследований и материалов дистанционного зондирования на примере промышленных зон г.Надым и Надымского района проанализировано состояние растительности на трёх самозарастающих полигонах, которые были подвержены антропогенному преобразованию. По результатам обработки космоснимка Landsat-8 рассчитаны спектральные индексы NDVI для различных растительных ассоциаций (травянистый луг, участок с разновозрастным подростом сосны, кустарничково-лишайниково-моховые сообщества на вырубке под ЛЭП). Показана высокой достоверности корреляционная связь между величиной NDVI и количеством вегетирующей фитомассы; также выявлено, что на территориях, где не проводилась минерализация грунта, и сохранился органический слой почвы, рассматриваемые показатели характеризуются максимальными значениями в сравнение с другими техногенно нарушенными пустошами в пределах изучаемой территории.

Annotation

In the master's dissertation shows the possibilities of using the vegetation NDVI indices for the assessment of phytomass of vegetation cover of technogenic areas in northern forests of Western Siberia. Using the data of ground field research and materials of remote sensing on the example of industrial zones of the city of Nadym and Nadym district was analyzed condition of vegetation on three self-growing polygons which were subject to anthropogenic transformation. According to the results of processing the Landsat-8 satellite image, the spectral NDVI indices were calculated for various plant associations (grassy meadow, a plot with different age of pine undergrowth and shrub-lichen-moss plant communities in the cutting area under power lines). A high confidence correlation was shown between the NDVI value and the amount of vegetative phytomass; it was also found that in areas where soil mineralization wasn’t carried out, and the organic soil layer was preserved, these indicators are characterized by maximum values in comparison with other technogenic wastelands within study territory.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 4
ГЛАВА 1 ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДЗЗ 7
1.1 Понятия о вегетационных индексах и возможности применения NDVI 7
1.2 Современное состояние ландшафтов ЯНАО, причины и виды деградации 13
Выводы 15
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ РАБОТ 16
2.1 Физико-географическая характеристика территории исследования 16
2.1.1 Географическое положение, геология и рельеф 16
2.1.2 Климатические условия 18
2.1.3 Ландшафтные условия, почвы и растительность 20
2.2 Описание объектов исследования и методы полевых геоботанических работ 22
2.3 Обработка космического снимка, пространственный и статистический анализ данных 26
Выводы 27
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ 28
Выводы 30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 32
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 34
ПРИЛОЖЕНИЕ А 37
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 38
ПРИЛОЖЕНИЕ В 39
ПРИЛОЖЕНИЕ Г 42
ПРИЛОЖЕНИЕ Д 43
ПРИЛОЖЕНИЕ Е 48
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж 52

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное промышленное освоение и разрастание нефтегазодобывающей инфраструктуры в ЯНАО тесным образом связаны с трансформацией компонентов природной среды. Техногенное воздействие в виде отсыпки дорог, создание промышленных баз, сопровождающееся вырубками и т.д., сказывается на растительном покрове, приводя к его деградации, изменению структурных свойств. При этом важнейшей составляющей фитоценозов, служащей индикатором нарушений, выступает вегетирующая фитомасса, приходящееся на единицу площади.

В настоящее время, одним из приоритетных инструментов в оценке состояния растительности выступают методы дистанционного зондирования, в частности с применением вегетационных индексов (NDVI). Однако зачастую получение необходимой информации ограничивается лишь только анализом спутниковых данных, без геоботанических полевых исследований, которые значительно повышают достоверность выявляемых результатов. Помимо этого, недостаточно изученным остаётся определение зависимостей в использовании комплексного подхода на различных техногенно-нарушенных поверхностях с разнотипным зарастанием в пределах северотаёжной зоны региона, что делает данную проблему особо актуальной и значимой.

Цель работы заключается в изучении возможности использования вегетационного индекса NDVI для оценки фитомассы растительного покрова техногенно нарушенных участков в северотаежных лесах Западной Сибири.

Для достижения данной цели было поставлены следующие задачи:

- Изучить возможность использования NDVI для оценки состояние растительного покрова естественных и деградированных растительных сообществ;
- Описать факторы формирования и характерные черты растительного покрова района исследований;
- Установить зависимость индекса NDVI от фитомассы растительного покрова техногенно нарушенных территорий;
- Оценить состояние растительного покрова техногенно нарушенных территорий в сравнении с прилегающими естественными лесными участками на основе расчета индекса NDVI.

Объектом исследования служит растительный покров техногенно нарушенных территорий промзон города Надыма.

Предмет исследования – возможность использования данных ДЗЗ с расчетом индекса NDVI для оценки состояния растительности по фитомассе в зависимости от типа

самозарастания техногенно нарушенных участков (травянистый, лесной, мохово-кустарничковый).

Положения, выносимые на защиту:

- Для оценки состояния растительного покрова по фитомассе в северотаежной зоне Западной Сибири наиболее пригоден нормализованный относительный вегетационный индекс (NDVI);
- Различия в значениях NDVI техногенно нарушенных участков также обусловлены типом механического воздействия на почвенный покров – минимальные значения отмечаются на участках с полной минерализацией поверхности и удалением органогенного горизонта;
- Запасы фитомассы нарушенных участков в северотаежной зоне Западной Сибири могут быть рассчитаны по величине индекса NDVI ($r = 0,98$ при $P<0,05$).

В работе использовались различные методы исследования. Дистанционного зондирования Земли и ГИС были задействованы для получения необходимой информации об объектах исследования, состоянии растительности на них, на основе обработки и анализа космических снимков (при помощи программных комплексов ENVI 5.2 и Sentinel-hub EO browser). Среди картографических методов использовалось картографическое моделирование изучаемой территории (построение карт-схем на основе аэрофотоснимков и крупномасштабных карт с использованием программы MapInfo Professional 12.5). Геоботанические методы исследования применялись для получения количественных характеристик фитомассы для сравнительного анализа состояния растительности. Обработка полученных данных осуществлялась с применением статистических и математических методов (на основе возможностей инструментария программы Microsoft Excel 2010) и др.

Практическая значимость работы состоит в том, что отработанная технология оценки состояния растительного покрова с учетом вегетирующей фитомассы на основе анализа NDVI позволяет проводить дистанционную оценку эффективности биоремедиации техногенных пустошей (песчаных карьеров, технологических просадок и пр.).

Научная новизна заключается в том, что впервые для района исследований (северотаёжная подзона Тюменской области) показана зависимость индекса NDVI от вегетирующей фитомассы растительного покрова при различных типах самозарастания техногенных пустошей.

Личный вклад автора включал в себя определение границ изучаемых полигонов и сбор необходимых материалов на местности, а также описание характеристик

растительного покрова во время полевых исследований в г.Надым и Надымском районе ЯНАО. Им же составлены карта-схемы исследуемой территории, обработаны и проанализированы используемые космические снимки, рассчитаны значения NDVI и величины фитомасс для полигонов и составляющих участков. Полученные количественные характеристики были также статистически обработаны, определены достоверность данных и корреляционная связь, построен совмещенный график NDVI и фитомасс, сформулированы выводы.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и списка использованных источников и литературы. Объём диссертации составляет 56 страниц, включая 19 рисунков и 14 таблиц. Библиографический список содержит 36 литературных и иных источников.

ГЛАВА 1 ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДЗЗ

1.1 Понятия о вегетационных индексах и возможности применения NDVI

Растительность является важнейшим компонентом северотаёжных и полярных геосистем, поддерживающим термический режим многолетнемерзлых пород и обеспечивающий их стабильность. Поэтому большое значение имеет сохранность фитобиоты северных регионов, что в свою очередь определяет устойчивость геосистем и инженерных сооружений [19]. В настоящее время, для изучения растительности и оценки её состояния активно применяется данные дистанционного зондирование (ДЗЗ), содержащие спектральную информацию, на основе которой создаются «индексные» изображения, или, другими словами, вегетационные индексы (ВИ). Данный показатель рассчитывается в результате операций с различными спектральными диапазонами (каналами) ДЗЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в определённом пикселе интересуемого снимка [25].

На данный момент существует более 100 вариаций вегетационных индексов, которые выводятся эмпирическим путём, исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности. Большинство распространенных вегетационных индексов используют только соотношение красного – ближнего инфракрасного каналов. Это связано с тем, что хлорофилл в листьях растений интенсивно поглощает солнечную радиацию (красная зона – 0,62-0,75 мкм). С другой стороны, клеточная структура листьев сильно отражает ближний инфракрасный свет (от 0,75 до 1,3 мкм). Отношение этих показателей даёт возможность дифференцировать растительный компонент от других природных и антропогенных объектов. Чем выше фотосинтетическая активность (как правило, густая растительность) тем меньше отражение в красной области спектра и больше в инфракрасной [33]. Среди наиболее распространённых в использовании ВИ являются: RVI, NDVI, IPVI, WDVI, SAVI и др.

RVI (относительный ВИ) имеет довольно широкое распространение среди индексов растительности и представляет собой довольно простое отношение значений отражения в ближней инфракрасной зоне к красной (NIR/RED). Одна из основных целей использования – нивелирование различных эффектов альбедо.

Наиболее известным и надёжным индексом является нормализованный разностный ВИ (NDVI). Это простой количественный показатель количества фотосинтетически активной фитомассы. Данный индекс позволять решать различные задачи, связанные с количественной оценкой растительности.

Вычисление рассматриваемого показателя осуществляется по следующей формуле:

$$\mathrm{NDVI} = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

Где, NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED - отражение в красной области спектра

Согласно данной формуле, плотность растительности (NDVI) в конкретной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей. Использование такого подхода позволяет увеличить точность измерения, уменьшить влияние различий в освещенности снимка, дымки, облачности, поглощение радиации атмосферой и т.п. [24, 28].

Преимуществами NDVI, помимо вышеперечисленного, является возможность расчёта рассматриваемого индекса для снимков различного разрешения (от низкого до высокого), при условии наличия спектральных каналов в указанных ранее диапазонах. Алгоритм расчета NDVI встроен практически во многие известные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой ДЗЗ (ERDAS Imagine, Arc View Image Analysis, Scanex MODIS Processor, ENVI, ScanView, Ermapper, и т.д.).

Для отображения индекса NDVI используется стандартизованная непрерывная градиентная или дискретная шкала, показывающая значения в диапазоне от -1..1 в % или в масштабированной шкале в диапазоне от 0 до 255, или в диапазоне 0..200 (-100..100) (соответствует 1% изменения показателя). Так, в первом случае, отрицательные значения принимают искусственные объекты (-0.5), водные поверхности (-0.25), снег и лёд (-0.05), близки к нулю облака. Не многим больше уже положительное значение имеет почвенный покров (0.025), редкая растительность стремится к 0.5, а наибольшие величины относятся к густой (0.7).

Главный плюс NDVI - легкость его получения, т.к. для вычисления достаточно непосредственно самой космической съемки и знания ее параметров, без каких-либо дополнительных данных и методик. Не менее важным достоинством считается самый широкий динамический диапазон из распространенных ВИ, и лучшая чувствительность к изменениям в растительном покрове [33].

К некоторым недостаткам данного индекса можно отнести:

- Отсутствие радиометрической коррекции влияет на возможность использования данных;
- Необходимость сравнения полученных при расчёте значений с полевыми данными с учётом сезонных эколого-климатических показателей, как самого снимка, так и тестовых площадок на момент сбора материала;

- NDVI довольно тесно связан с временем интенсивной вегетации, поэтому съёмка должна использоваться в этот период, иначе применение индекса будет неэффективным.

IPVI функционально эквивалентен предыдущему ВИ и отличается отсутствием красной компоненты в числителе. Данное видоизменение в некоторой степени упрощает вычисления, а сам индекс принимает значения от 0 до 1, т.е. отсутствуют отрицательные величины.

$$IPVI = (NIR/NIR+RED) = (NDVI+1)/2 \quad (2)$$

Менее известным, но широко распространённым индексом с узким динамическим диапазоном является PVI (перпендикулярный ВИ). В ряде случаев не уступает NDVI. Довольно простой в использовании и определении почвенной линии. Главным недостатком выступает высокая чувствительность к изменению атмосферы, поэтому необходимо применение коррекции. Данный индекс вычисляется по нижеприведенной формуле:

$$PVI = \sin(\alpha) * NIR - \cos(\alpha) * RED \quad (3)$$

Где, α - угол между почвенной линией и осью NIR

Взвешенный разностный ВИ, или WDVI – математически упрощенный вариант PVI и связан с ним примерно по тому же принципу, что и IPVI с NDVI. Главными минусами в использовании являются неограниченный диапазон значений и сильная чувствительность к влиянию атмосферы. Формула для расчёта:

$$WDVI = NIR - \rho * red \quad (4)$$

Где, ρ - наклон почвенной линии.

Широкое применение имеет почвенный ВИ – SAVI, представляющий некое среднее между перпендикулярным и относительным индексами. Используется в основном для исследования разреженной растительности. Спецификой этого индекса является использование корректирующего фактора L, и в случае, если он более 0,5, то это свидетельствует о малом покрытие растительным покровом изучаемой территории. Как и в ранее рассмотренных ВИ, для точности вычисления требуется атмосферная коррекция. Рассчитывается по следующей формуле:

$$SAVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED+L} * (1 + L) \quad (5)$$

Где, L = [0;1], L = 0 для наибольшего индекса облиствения, L = 1 для наименьшего, оптимальное значение L = 0.5; L+1 - множительный фактор, присутствующий в SAVI и приводящий к тому, что их значения варьируют от –1 до 1, введен для того, чтобы свести эти индексу к виду NDVI при L, стремящемся к 0 [29].

Большинством отечественных и зарубежных исследователей предпочтение среди распространённых ВИ отдаётся NDVI в силу описанных выше преимуществ его использования. В основном, область применения данного индекса сконцентрирована на измерении эколого-климатических показателей. Тесная не прямая связь NDVI обнаруживается со многими параметрами, такими как: биомасса, продуктивность (временные изменения), влажность и минеральная (органическая) насыщенность почвы, испаряемость (эвотранспирация), объём выпадающих осадков, мощность и характеристики снежного покрова и т.д. Благодаря этим особенностям, карты NDVI могут выступать в роли промежуточного звена в проведение более сложных типов анализа. Например, при помощи полученных результатов возможно создание тематических карт, таких как: типов ландшафтов, продуктивности лесов и сельхозземель, растительности и природных зон, аридные, почвенные, фито-гидрологические и др Численные данные, полученные по NDVI, могут служить в дальнейшем при оценке и прогнозировании биологического разнообразия, урожайности и продуктивности, степени нарушенности и ущерба от природных и техногенных источников и т.д.

Значительное количество работ в России и других странах посвящено исследованию растительных сообществ, оценки их состояние, при помощи данных дистанционного зондирования, при этом всё больший интерес проявляется к воздействию антропогенных факторов трансформации данного компонента природной среды. Так, на севере Западной Сибири, активное воздействие объектов нефтегазодобывающей инфраструктуры приводит к существенным изменениям биотических компонентов, в частности растительного мира. Рядом исследователей приводятся оценки изменений типов коренной растительности северотаёжных, тундровых и лесотундровых ландшафтов в пределах и вблизи источников воздействия. Например, С.Г.Корниенко и К.И. Якубсоном, такие исследования проведены на территории Тазовского п-ва и более детально в пределах Уренгойского НГКМ по изменению спектральных индексов, в том числе с применением NDVI [14]. Эти данные показали, что нарушение растительности влечёт ряд процессов, приводящих не только к сокращению первоначальных растительных группировок, но и затрагивает и другие сопряжённые компоненты природной среды, в основном приводящие к негативным последствиям.

Не малое количество учёных в своих исследованиях используют комплексный подход при изучении состояние растительности, повышая точность дешифрирование космических снимков наземными полевыми исследованиями. Так, в работе Е.А.Дюкерева и др., показаны возможности использования NDVI для восстановление пространственной и временной динамики продукции болотной растительности. Ими была установлена связь между вегетационным индексом и надземной продукцией, определение которой осуществлялось в ходе работы на изучаемой местности, а также получены другие интересующие результаты [9].

В настоящее время проявляется активный интерес к использованию вегетационных индексов для оценки запасов надземной фитомассы. Ряд статей по данной проблематике написаны сибирскими учёными, в частности, Н.В. Гоппом и В.В. Смирновым из ИПА СО РАН, ИВТ СО Ран, г.Новосибирска для тундровой области Сибири были сделаны выводы об использовании NDVI при классификации космических снимков для оценки неоднородностей рассматриваемого показателя; проведена экстраполяция запасов надземной фитомассы по значениям данного ВИ по всей интересуемой области [7].

Возможность использования данных ДЗЗ с применением индекса NDVI в целях мониторинга пожароопасной обстановки и оценки гибели лесов от природных пожаров продемонстрированы в статье авторов Е.А. Григорец и др. Данной группой исследователей оценён эколого-ресурсный потенциал пирогенных ландшафтов на основе многолетних спутниковых наблюдений по количеству потерянной биомассы и интенсивности восстановления растительных сообществ [8].

Большой интерес к изменчивости различных показателей и свойств растительности в связи с промышленным освоением проявляется в пределах восточно-европейской части России. К примеру, В.В.Елсаковым и другими сотрудниками научного центра УрО РАН (Сыктывкар) благодаря геоботаническим методам и технологиям дистанционного зондирования с использованием космических снимков различного разрешения удалось проанализировать распределения ряда фитоценозов в тундровых ландшафтах Ненецкого АО, а также для распознавания тех или иных типов растительности комбинировано применять NDVI с другими спектральными показателями [10].

Опыт использования вегетационного индекса NDVI широко развит и в сельскохозяйственных науках. Множеством исследователей в данной области из России, а также ряда стран СНГ, с помощью данного индекса дана оценка сезонных изменений посевов различных с/х культур, определены возможности ведения мониторинга с/х земель, даны прогнозы урожайности и т.д. [20, 22].

Внедрение и обработка материалов дистанционного зондирования имеет особое значение в исследованиях, связанных с изучением современных глобальных изменений климата. В частности, комбинированное применение вегетационных индексов, преимущественно NDVI, с климатическими, фенологическими показателями и критериальными показателями массоэнергообмена, позволяет оценивать динамику состояния растительности, связанными с воздействием антропогенных факторов и источников на климатическую систему, в первую очередь посредством увеличение концентрации CO_2. В то же время нормализованный разностный ВИ сам играет роль интегрального индикатора изменений климата [1].

Во многих зарубежных статьях авторами затрагивается проблемы трансформация циркумполярных экосистем, связанные с воздействием климатических изменений. Рядом учёных в ходе проведённых исследований сделаны выводы по тенденциям в максимальных и средних значениях NDVI за большие промежутки времени (десятилетия), в ходе которых оценены пространственно-временные гетерогенности в степени озеленения рассматриваемых территорий. Установлены тесные связи показателей продуктивности тундровой растительности в зависимости от геоморфологичеких особенностей изучаемых местностей, показана чувствительность NDVI к изменению значений температуры и влажности. Помимо этого, анализ трендов по данному ВИ даёт некоторое подтверждение об увеличение или сокращении площадей тех или иных видов растений на ландшафтном уровне [26,27].

В отечественной практике использование вегетационных индексов (особенно NDVI) в связи с климатическими флуктуациями, находит с каждым годом всё большее применение. Множество работ проведены для северных территорий европейской части страны, а также Сибири. Так, отдельными авторами отмечается смещение границ северных эконотонов на Кольском полуострове в связи с увеличением температуры и осадков за определённый промежуток времени, что отражено и в значениях показателя NDVI [16]. Похожая тенденция, выявленная по показаниям нормализованного разностного ВИ, выделяется и для арктических островов Баренцева моря [17].

В пределах севера Западной Сибири, где также отмечаются трансформации в растительном покрове, были проведены исследования различными учёными, в том числе Тюменского государственного университета и другими научными институтами. Московченко Д.В., Арефьевым С.П., и др, отмечаются изменения в состоянии растительного покрова Тазовского полуострова, обусловленные потеплением климата, что подтверждается подсчитанными значениями вегетационного индекса (NDVI) и полевыми геоботаническими обследованиями [18].

1.2 Современное состояние ландшафтов ЯНАО, причины и виды деградации

Основным видом промышленности в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа выступает добыча нефти и газа, в связи с чем многообразному воздействию подвергаются различные природно-территориальные комплексы региона, которое включает в себя не только загрязнение компонентов окружающей природной среды, но и оказывающее со стороны человека геомеханическое воздействие на почвы и растительность. Большое количество месторождений углеводородов со своей инфраструктурой создают особый уровень техногенного воздействия при освоение недр, что становится определяющим в формировании экологической обстановки на территории округа [21].

Многообразие природных характеристик региона включает ряд экологически значимых факторов, нарушение или утрата которых может привести к экологическим проблемам, включая устойчивость к антропогенному воздействию, снижению биоразнообразия и т.д. Для ЯНАО такими факторами выступают: низкая способность к самоочищению вод и почв, неустойчивость многолетнемёрзлых пород, низкая скорость воостановления растительного покрова, высокая степень заболоченности, что способствует аккумуляции загрязняющих веществ. К ценным природным компонентам и объектами относятся охраняемых виды животных, промысловые виды, оленьи пастбища, притундровые и кедровые леса, водоохранные зоны рек и т.п. [5].

Преобразование природной среды человеком и формирование антропогенных ландшафтов на севере Западной Сибири связано с привнесением загрязняющих веществ, тепла, изъятия земельных, водных, биологических, сельскохозяйственных ресурсов (оленьих пастбищ), полезных ископаемых, мест обитаний животных и т.д. При современной тенденции развития технологий строительства и функционирования инженерных сооружений техногенные нарушения ландшафтной структуры выражаются, прежде всего, в воздействии на криолитозону, что кратно усиливает интенсивность протекания экзогенных геологических процессов и приводит к многоочаговой, полосной и массивно-площадной трансформации почв и растительности [12].

В локальных масштабах антропогенные нарушения проявляются, как правило, в захламлении промышленными и коммунально-бытовыми отходами. В большинстве своём это характерно для законсервированных месторождений, где производились геологоразведочные работы и не рекультивировались нарушенные земли, а также для урбанизированных территориях. Площадь локальных изменений, сопровождающих технологические установки, стоянки автотранспорта и т.д. может достигать до 1 км в диаметре. Нарушение, связанные с верхним органогенным почвенным горизонтом

и напочвенного растительного покрова приводит к увеличению оттаивания и развитию вторичного заболачивания. Такие участки зачастую являются местом развития производных травяных сообществ.

В целом, на локальном уровне, объекты нефтегазовой промышленности в регионе несут сильную и умеренную степень загрязнения на компоненты природной среды. Следствием геомеханического воздействия является полная или частичная трансформация ландшафтов преимущественно на фациальном уровне или опустынивание территории. Последнее, отмечается в основном у ПТК в долинах малых и средних рек, с развитием разреженной разнотравной растительности. Сходные условия типичны для заброшенных песчаных карьеров. Но чаще всего причиной опустынивания ландшафтов выступают лесные пожары, различной степени давности, порой достигая территориальных масштабов.

Коренная трансформация почвенного и растительного покровов отмечается в местах отсыпки минерального грунта под строительство кустов эксплуатационных скважин, объектов инфраструктуры промыслов, на месте действующих и отработанных карьеров, отсыпки под автомобильные дороги и т.п. На берегах некоторых озер и рек в результате действия ряда антропогенных факторов более активно и масштабно протекают процессы термоабразии и термоэрозии, что приводит к оползневым процессам, особенно выражено это отмечается на переходах зимников через реки. Например, с разработкой песчаных и торфяных карьеров связана антропогенно обусловленная активизация дефляции и оползневых процессов, приводящих к расширению нарушенных земель [21].

Не малое негативное воздействие нефтегазодобычи отражается и при прокладке линий электропередач, автомобильных и железных дорог, что приводит к частичному или полному блокированию поверхностного и подземного стока. Следствием этого является формирование антропогенных аквальных комплексов, деградация почвенного и растительного покровов, изменяются условия местообитания животных и т. д. Разъезды гусеничного транспорта, ведущие к растеплению грунта, индицируют вторичное заболачивание и развитие криогенных процессов.

Регионализации локальных нарушений и формированию ряда экологических проблем в ЯНАО способствует следующее: водный и воздушный перенос загрязнений, слияние соседних месторождений вследствие развития экзогенных процессов на краях месторождений и вдоль транспортных коридоров, трансформация ключевых местообитаний биоты и воздействие на группы мигрирующих животных, перераспределение антропогенных нагрузок в традиционных отраслях хозяйства вследствие вытеснения оленеводства и промыслов с территорий добычи углеводородного

сырья [5]. Несмотря на это, ряд авторов исходя из проведённых исследований по оценке экологического состояния природной среды в нефтегазодобывающих районах ЯНАО, приходят к мнению, что видимые изменения в комопонентах природной среды, в т.ч. почвенного и растительного покровов, на региональном уровне отсутствуют. В структуре почвенного покрова преобладают выделы почвенных разностей и их микро-, мезо- и макросочетаний, обусловленные естественной гетерогенностью природной среды. Существенные изменения состава и структуры фитоценозов также не отмечаются. Таким образом, указанными авторами делается вывод об отсутствие изменений границ ПТК, ландшафтных зон и подзон под влиянием техногенеза [21].

Выводы

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что применение данных ДЗЗ с использованием индекса NDVI, имеет широкое распространение в различных направлениях исследований, в частности, в целях изучения состояния растительного покрова, его параметров, как для естественных, так и для антропогенно деградированных ландшафтов. Обнаруживается связь между рассмотренным вегетационным индексом и количеством фитомассы, что подтверждается в ряде научных работ. Однако проблема определения состояния фитоценозов дистанционным способом по данному показателю растительности для различных по типологии самозарастания техногенно-нарушенных земель в пределах северотаёжной зоны остаётся недостаточно изученной.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ РАБОТ

2.1 Физико-географическая характеристика территории исследования

2.1.1 Географическое положение, геология и рельеф

Территория исследования относится к г. Надым, часть к Надымскому району Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) (менее 30 км от г.Надым). и располагается на северо-западе Западно-Сибирской равнины, в пределах Надымской низменности. Данная местность приурочена к низовью бассейна одной из крупнейших рек ЯНАО – р.Надым, как с левобережной, так и, частично, с правобережной стороны. Расстояние до Обской губы составляет 80 км, до Северного полярного круга – 100 км, в 450 км западнее простирается Полярный Урал.

В соответствии со схемой физико-географического районирования Гвоздецкого Н.А., исследуемая местность находится в границах Западно-Сибирской равнинной страны, внутри лесотундровой равнинной широтно-зональной области, провинции расчлененных заозеренных слабо заболоченных равнин [6].

Надымский район, как и вся Тюменская область, располагается в пределах гигантской Евразийской литосферной плиты и является частью протяженного Урало-Монгольского складчатого пояса. Молодая платформа образовалась на докембрийско-палеозойских складчатых сооружениях. Их структуры проявляются на поверхности в виде кряжей и хребтов, которые окаймляют Западно-Сибирскую равнину. В пределах соответствующей той равнине плиты древние складчатые скальные комплексы погружены на большую глубину и перекрыты мощным чехлом рыхлых отложений мезозойского и кайнозойского возраста [4].

Дочетвертичные отложения в районе изучения представлены палеогеновой системой и связаны с нижним и средним эоценом. Характерным является Люлинворский горизонт с морскими опоками, диатомитами, зеленоватыми глинами с глауконитом.

Четвертичные отложения рассматриваемой территории относятся к верхнему неоплейстоцен-голоцену (a1III-IV) и голоцену (amIV). Первые представлены аллювиальными отложениями первой надпойменной террасы – супеси, пески, суглинки, торф, галечники. Вторые включают в себя аллювиальные отложения пойменных террас, – супеси, пески, суглинки, местами гравий, галька, валуны

В структурно-геоморфологическом отношении изучаемая территория характеризуется как положительными (дунадационно-аккумулятивная равнина), так и отрицательными морфоструктурами (район устойчивых унаследованных опусканий), и располагается в районе аллювиальных и озерно-аллювиальных равнин, со слабыми

неотектоническими движениями платформенного типа на первой надпойменной террасе р.Надым с относительными высотами порядка 10-12 м и абсолютными 15-20 м [2].

Рельеф низовья р.Надым сформирован на месте последней Казанцевской трансгрессии Полярного моря. Эта плоская, почти идеально ровная поверхность расчленена слабоврезанными долинами, уклоны поверхности которых, небольшие, преимущественно 0,5^{o}. Фрагментарно имеет место расчленение крутостенными оврагами, котловинами озер с активно протекающими процессами на их склонах [2,4].

Одной из отличительных особенностей долин крупных рек ЯНАО, в том числе и р.Надым, является наличие эолового рельефа. Наиболее благоприятные условия его образования – междуречные плоские и полого-увалистые равнины и террасы, сложенные мелкими и пылеватыми песчаными грунтами. Для этих участков свойственна хорошая дренированность и слабая задернованность. Результатом дефляции является образование различных котловин, воронок и площадок выдувания, которые вначале имеют неправильную форму, и, по мере развития, приобретают округлые и петлевидные очертания [2].

Мерзлота располагается двумя слоями. Верхний слой имеет не сплошное редко-островное и массивно-островное распространение мёрзлых пород с температурой грунтов от 2 до -1^{0}С, мощностью 10-100 м, сменяясь талыми грунтами. Мерзлые грунты появляются на глубинах от 150 до 400 м [13].

Криогенные процессы проявляются, во многом, за счёт вытаивания подземных льдов, формируя отрицательные формы рельефа: блюдца протаивания, термокарстовые западины и котловины термокарстовых озер. Оплывания и течения проявляются на покатых склонах, что приводит к погребению растительности и формированию наклонных площадок солифлюкционных террас по склонам долин. Такие геологические процессы в условиях мерзлоты, как растрескивание грунтов и термогенные деформации, морозное пучение, создают формы рельефа в виде полигональных и пятнистых тундр, бугров пучения. Последние, как правило, имеют высоту до 5 м, иногда достигают и 15-20 м, что характерно для безлесных участков [4].

Особое влияние на рельеф оказывает хозяйственная деятельность человека. Антропогенный рельеф в ЯНАО включает в себя 3 класса форм: линейно-транспортный (траншеи, насыпи дорог, выемки и т.д.), карьерный (карьеры, карьеры гидроэкскавации) и нефтегазопромысловый (ямы, земляные амбары, насыпные основания кустов скважин и т.д.). Воздействие промышленности существенно активизирует процессы, связанные с деятельностью поверхностных вод: бороздчатая, плоскостная, овражная эрозии, затопление и подтопление поверхности, образование плывунов и водоносных горизонтов.

Активное развитие получают термокарстовые, солифлюкционные и пучинные процессы, разрушая автомобильные и железные дороги, деформируя трубопроводы, выпучивая фундаменты различных свайных и столбчатых сооружений, лёгких мостов, ЛЭП, тем самым, приобретая характер опасных для самих людей явлений.

2.1.2 Климатические условия

Наблюдения за состоянием погоды в г.Надым осуществляется на метеостанции Ямало-Ненецкого Гидрометцентра в районе аэропорта (≈ в 9 км от города) [32].

Годовое количество поглощенной солнечной радиации в районе г.Надыма составляет 3200 мДж/м². Приблизительно 1/5 от этого числа приходится на самый тёплый месяц в году (июль) - чуть менее 600 мДж/м², а вклад прямой солнечной радиации – около 40-50 %. Суммарная солнечная радиация в декабре составляет примерно 3 мДж/м², при этом на долю прямой приходится менее 1 мДж/м², т.к. зимой преобладает рассеянная составляющая. Значение годового радиационного баланса – 900 мДж/м².

Продолжительность солнечного сияния в год, в пределах изучаемой местности, - 1550 часов, что характерно для более южных районов ЯНАО, т.к. меньшая облачность, и относительно малое количество туманов, в сравнении с более высокими широтами региона. Число дней без солнца закономерно увеличивается с юга на север и на рассматриваемой территории достигает 135 дней.

Для ЯНАО характерен циклонально-антициклональный тип атмосферной циркуляции, формирующийся под влиянием умеренных и арктических воздушных масс. В зимний период циркуляция связана с обширной ложбиной низкого давления от исландской депрессии над северными территориями региона и западным отрогом Азиатского минимума («ось Воейкова») над южными районами Западной Сибири. Это сочетание делает преобладающим западный и юго-западный перенос воздушных масс. В середине весны над Арктическим бассейном происходит относительное усиление высокого давление, связанное с ослаблением действия ранее названных областей низкого и высокого давления. В тёплый период года образуется большое поле низкого давления, что объясняется падением давления над континентом, в то же время, над арктическими морями формируется антициклональная область, с преобладанием северо-восточных ветров.

За год наблюдается преобладание количества дней с циклональной циркуляцией (среднее многолетнее – 232 дня) над антициклональной (134 дня). Циклоны наиболее часто наблюдаются с сентября по ноябрь, с февраля по август имеют не столь активное развитие. Антициклоны начинают вторгаться весной, когда происходит смещение их части с Баренцева моря в юго-восточном направлении на территорию округа. Ближе к

июлю характерен выход ультраполярных антициклонов с Таймыра. В январе, на рассматриваемой территории атмосферное давление держится в пределах 1016 гПа, под действием максимального развития азиатского антициклона. В июле, это значение составляет 1008, 5 гПа.

Суровость термического режима и резкие перепады температуры обусловлены такими факторами, как: небольшое и неравномерное поступление солнечной радиации на протяжении года, близость арктического моря, открытость территории и особенности атмосферной циркуляции.

Средняя годовая температура воздуха в районе Надым -5,4°С. В июле, средняя температура +15,7°С, средний максимум за этот же месяц составляет +4,5°С. Наиболее холодный месяц – январь, со средней температурой -23,7°С и средним минимумом -28,7°С. Абсолютный максимум +34,7°С, минимум -57,7°С. Отрицательные среднемесячные температуры могут сохраняться до конца мая, в этом же месяце, в большинстве случаев, средняя температура переходит через 0°С. В августе температура воздуха ниже июльской на 4°С. В конце сентября – в начале октября наступает постепенный осенний переход температуры через 0°С, а среднемесячная температура октября составляет, в целом, отрицательное значение. В декабре температура воздуха в среднем уже достигает -20°С. Число дней с устойчивыми морозами от 190 до 200 дней и, как правило, начинаются в середине октября и заканчиваются в конце апреля [2,28].

Среднее годовое значение относительной влажности воздуха, характеризующее степень насыщения воздуха водяным паром, составляет 76%, что характерно для более южных районов ЯНАО. Число влажных дней (с относительной влажностью воздуха более 80% в 13 часов) для исследуемой местности – менее 150 в году, а сухих (менее 30%) – от двух до трёх в году.

Активная циклоническая деятельность является главным источников увлажнения и формирования облачности. В осенний и зимний периоды преобладает облачность восходящего скольжения с образованием высокослоистых и слоисто-дождевых облаков. Летом чаще наблюдаются облака вертикального развития (кучевые и кучево-дождевые), что связано с прогреванием поверхности и развитием конвекции. В целом, облачность имеет значения 55-60%, и несколько больше может быть в тёплый период года. Число ясных дней в году по нижней облачности над выбранной территорией достигает 140 и более, а по общей – около 35. Число пасмурных дней в году, напротив, – 50 по нижней облачности и 160 по общей.

Количество осадков в году по данным наблюдений на метеостанции – 493 мм, что является относительно высоким значениям для равнинной части округа и определяется

спецификой циркуляции атмосферы, а именно траекторией движения циклонов. Годовой ход осадков относится к континентальному типу. Тёплый период (апрель – октябрь) связан с выпадением жидких осадков - 330 мм, доля которых 60-70%. Максимальное количество осадков приурочено к июлю-августу (69-71 мм). В холодный период (ноябрь – март) выпадают преимущественно твёрдые осадки и составляют около 30-40 % от общей годовой. Число дней с устойчивым снежным покровом доходит до 220 дней, при этом запас воды в снежном покрове в пределах 200 мм.

В режиме ветров отмечается тенденция к муссонной циркуляции: зимой наблюдается наибольшая повторяемость юго-западных ветров в связи с движением холодного ветра с континента в сторону Обской губы, летом наоборот, увеличивается направленность ветров с севера, дующих с моря на сушу. Штилевая погода регистрируется более чем в 30% за год. Скорость ветра небольшая, менее 3 м/с [2].

Загрязнения атмосферного воздуха тесно связано с предприятиями нефтегазового комплекса и электроэнергетики, и обусловлено сжиганием топлива, недостатками технологии добычи и транспортировки нефти и газа. Наибольший вклад в загрязнение вносят жидкие и газообразные вещества (окись углерода, углеводороды и другие летучие соединения, диоксид азота). Одной из самых высоких нагрузок на атмосферный воздух от промышленных предприятий оказывается, в том числе, и в Надымском районе.

2.1.3 Ландшафтные условия, почвы и растительность

Территория исследования, согласно схеме ландшафтного районирования ЯНАО относится к Западно-Сибирской ландшафтной стране, Урало-Енисейской северотаёжной области, Обско-Тазовской подобласти, Надымской низменной провинции. Ландшафты изучаемой местности характеризуются преимущественно плоским рельефом (50-100 м), сильной заозёренностью и заболоченностью. Преобладают болотные типы местности в ландшафтной структуре: плоскобугристых и крупнобугристых мёрзлых торфяников с кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью по буграм и осоково-пушицево-моховой по мочажинам. Придолиннные дренированные типы местности состоят из лишайниковых сосняков на языковатых подзолах кедрово-сосново-лиственничные лишайниковые редколесья на иллювиально-железистых почвах. Берёзово-елово-лиственничные леса на торфянисто-подзолисто-глеевых почвах связаны с незаторфованными суглинистыми холмисто-увалистыми равнинами, фрагментарно локализованными на междуречьях [11].

Согласно почвенно-географическому районированию, территория исследования относится к Европейско-Западно-Сибирской таёжно-лесной почвенно-биоклиматической области, зоны глееподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв северной

тайги, округу плоско-волнистых песчано-суглинистых озёрно-аллювиальных равнин с интрозональными болотно-тундровыми почвами (более 50%).

Почвенный покров изучаемого района отличается большой пестротой и сложностью, что связано с биоклиматическими, гидрологическими и литолого-геоморфологическими условиями. Для большей части почвенного покрова характерна комплексность и сочетание различных типов и подтипов почв, разделённых по микрорельефу, повсеместность неглубокого залегания многолетней мерзлоты. Тесная связь климатических и геоморфологических факторов (высокое увлажнение, равнинность территории, плохая дренированность) обуславливают активное развитие болотообразовательного процесса и оглеение почв [2].

В пойме наибольшее распространение имеют аллювиальные дерновые кислые и слабокислые, располагающиеся преимущественно на возвышенных элементах рельефа, в прирусловой части и по гривам в центральной. Как правило, на аллювии легкого механического состава, часто слоистом, при глубоком залегании грунтовых вод. Дренированные приречные участки р.Надым и её крупных притоков, сложенные песчаными и супесчаными почвообразующими породами, формируют подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые. Свободный внутренний дренаж обеспечивается за счёт специфики почвообразования, обусловленной литологическим фактором [24].

В плакорных условиях на плоских равнинах северо-таёжной зоны большие площади занимают болотные мерзлотные почвы в комплексе с таёжными глее–мерзлотными (криозёмы глеевые). Первые, развиваются в автоморфных условиях при близком залегании мерзлоты (порядка 40-50 см), имеют древний генезис. Характерно чередование торфяных бугров с мочажиными. Бугры данных почв в настоящее время деградируют, торфообразования не происходит. Таёжные глее-мерзлотные почвы развиваются на суглинистых почвообразующих породах под лиственнично-еловым редколесьем с кустарничковым покровом. Поверхностное увлажнение способствует регулярному оглеению почвенного профиля за счёт плохого дренажа. Нередко наличие криогенных явлений: тиксотропность, трещиноватость, перемешивание почвенных масс, криогенное оструктуривание. Профиль почв состоит из горизонтов преимущественно торфяных, подразделяемых на подгоризонты в зависимости от степени разложение органики [2].

В растительном покрове равнинной части округа проявляется выраженная зональность. В пределах таёжной зоны доминирует бореальный тип растительности,

представленный хвойными лесами. Одна из особенностей – полидоминантный состав лесообразователей (лиственница сибирская, ель сибирская, кедр сибирский).

Северотаёжные леса в районе исследования состоят, в основном, из редкостойной лиственнично-берёзовой, местами с елью и кедром лишайниковой и зеленомошно-лишайниковой растительности. Такие сообщества часто являются производными, возникшими на местах повреждёнными пожарами, и считаются наиболее устойчивыми стадиями. Участки редколесной подзоны представлены преимущественно теми же растительными рядами, иногда с включением кустарничковых тундр. Подболоченные леса, не редко с крупнобугристыми болотами, включают сосну и лиственницу в сочетании с лишайниковым покровом. Бугры как правило помимо лишайника в напочвенном могут включать дикрановые мхи, кустарнички (багульник болотный, брусника, голубика обыкновенная, морошка, ерник (берёза карликовая); мочажины покрыты обычно пушицой, осокой, вахтой трёхлистной, сабельником болотным, хвощом болотным).

Долины р.Надым и её притоков заняты лиственнично-березовыми лесами с ольховником и травяным покрытием при участии кустарниковых ив.

Древесные ресурсы довольно значительны и пригодны для эксплуатации, несмотря на невысокую продуктивность ($V_а$ и $V_б$ классы бонитета). При этом преобладание спелых и перестойных лесов свидетельствует о небольшом использовании ресурсов лесов [2].

Таксоны растений и грибов региона, помимо основных представителей, включают и редкие виды, занесённые в красную книгу ЯНАО. В пределах рассматриваемой местности возможно встретить таких представителей, как: пырейник почтиволокнистый, кубышка жёлтая, астрагал холодный, лепторус мягкий (все 3 категория, редкий вид) [30].

2.2 Описание объектов исследования и методы полевых геоботанических работ

Полевые работы проводились в период с 1 по 7 августа 2018 г. в пределах г.Надым и Надымского района. Для исследования были выбраны 3 техногенно нарушенных полигона, дифференцированные в зависимости от типа самозарастания растительностью. Каждый полигон включал в себя 2 участка: техногенной нарушенный и, прилегающий к нему лесной массив. Определение границ, предварительно выбранных по космическим снимкам, осуществлялось с помощью GPS-навигатора «Garmin GPSMAP 64st». Географические координаты расположения полигонов и участков внутри них фиксировались на местности и закреплялись деревянными колышками (Приложение А, Б).

Полигон №1 расположен приблизительно в 2 км от аэропорта Надым по автотрассе Надым - Приозёрный в сторону одноименного города, на территории между дорогой с твёрдым покрытием и участком соснового сфагнового леса, в пределах первой

надпойменной террасы р.Надым. Площадь рассматриваемого участка полигона - 50х150 м (7500 м^2), Вид воздействия – вырубка лесной растительности с применением тяжелых гусеничных машин и последующее минерализование техногенно преобразованного грунта. Растительность представлена подростом сосны обыкновенной (Pínus sylvéstris), единично встречаются подрост лиственницы сибирской (Lárix sibírica) и сосны сибирской кедровой (Pínus sibírica). В напочвенном покрове локально располагаются кустарниковые сообщества (голубика обыкновенная (Vaccínium uliginósum), ива копьевидная (Sálix hastáta)) и мхи из рода кукушкин лён (Polýtrichum commúne). Общее проективное покрытие небольшое - порядка 5-10 % (Рисунок В.1, Рисунки Ж.1-2)

На исследуемом участке изначально был произведён перечёт подроста сосны обыкновенной с определением их высоты, и дальнейшее классифицирование в группы: 0,5-1 м, 1-1,5 м, 1,5-2 м и более 2 м. Следующим шагом было определение количества данных деревьев и выявление средних значений высоты. Все полученные данные записывались в определённую ведомость по учёту показателей (таблица Д.1).

В дальнейшем, по всему участку работ были отобраны 30 модельных деревьев по 10 экземпляров в каждой из первых 3 высотных групп. Спиливание отобранных образцов подроста производилось у основания ствола. Затем вычислялись таксационные показатели каждого из данных выбранных подростов (высота, возраст (по количеству мутовок), масса (с помощью электронных подвесных весов), диаметр ствола (металлической линейкой)). (Рисунки Ж.3-4). Выявленные значения также фиксировались в ведомости, определены максимальные, минимальные и средние величины.

Для расчёта фитомассы отдельно зелёной части и древесной у модельных подростов сосны обыкновенной был осуществлён ряд действий. Первоначально отобранные экземпляры условно делились на нижнюю, среднюю и верхнюю части. Затем производился подсчёт ветвей по выделенным частям, внутри которых выбирались средние по размеру (как правило, по 3 штуки). Хвою отделяли от ветви и ствола, формируя раздельно. Взвешивались поочерёдно зелёная часть и скелет подроста (высчитывалось среднее значение по ветвям в каждой части), были найдены общая масса по фракциям и в целом по дереву. Точность определения – 0,01 гр. (таблицы Д.2-3, рисунок Ж.5).

Модельные деревья свыше 2 м были выбраны так, что по значению их высоты приближены к среднему значению данного показателя для конкретной группы, их общее число составило 3 экземпляра. В каждом ярусе подсчитано количество ветвей. Вычисление массы образцов нижнего и среднего уровня по фракциям осуществлялось по такому же принципу, описанному выше. Для определения массы верхней части был

найден процент хвои ветвей, ствола дерева и скелет кроны от общей массы каждого для подроста на основе группы 3 (1,5-2 м), по которому и выявлялось значение данного показателя по отдельным фракциям. Масса ствола была установлена расчётным методом по объёму ствола (через объём цилиндра, равномерного со стволом и учётом видового числа) и плотности, которая для сосны составляет в среднем 520000 гр/м^3 [3,31].

$$V_{ств} = (H*D^2*f)/4 \quad (6)$$

Где $V_{ств}$ – объём ствола, м^3; H – высота дерева, м; D – диаметр ствола, м; f - видовое число

$$M_{ств} = \rho * V_{ств} \quad (7)$$

Где $M_{ств}$ – масса ствола, гр; ρ – плотность сосны равная 520000 гр/м^3.

Фитомасса в каждой высотной группе определялась в соответствии с методом среднего дерева [23]. Значение данного показателя выводилось по уравнению:

$$P_i = (p_i * N)/1000000 \quad (8)$$

Где P_i – фитомасса фракции подроста в тоннах на участок; p_i – фитомасса i-фракции среднего подроста, гр; N – число подроста на рассматриваемую площадь. Конечный результат представлен в тоннах на гектар.

Из числа модельных подростов, срубленных и взвешенных на участке, были выбраны 3 в каждой высотной группе, с диаметрами наиболее близкими к расчётному среднему и определены их фитомассы по фракциям (хвоя, древесная часть), выявлены средние значения из выборки. Полученные величины умножались на количество подроста на участке, находилась средняя фитомасса для исследуемой территории в тоннах, которая в дальнейшем пересчитывается на площадь в гектар.

Полигон в микрорайоне Правобережный (Старый Надым) города Надым: расположен менее чем в 1 км от р.Надым, находясь в её пойменной части, внутри промышленной зоны. В непосредственной близости проходит автотрасса Надым – Новый Уренгой (около 50 м южнее), восточнее располагаются производственные цеха, с западной и северной стороны ограничен участками лесной растительности. Площадь изучаемого участка полигона - 50х150 м (7500 м^2), разделён на 3 учетные площадки по 50х50 м (2500 м^2). Антропогенное воздействие обусловлено теми же причинами, что и на вышеописанном участке 1 полигона №1. В настоящее время, на рассматриваемой территории размещаются пионерные луговые сообщества, представленные такими видами, как: ястребинка зонтичная (Hierácium umbellátum), мышиный горошек (Vícia crácca), иван-чай (Chamaenérion angustifolium), золотарник обыкновенный (Solidágo virgáurea), горлюха ястребинковая (Pícris hieracioídes), тысячелистник обыкновенный (Achilléa millefólium), мелколепестник едкий (Erígeron ácris), представители из рода вейник (Calamagrostis) и осока (Cyperáceae) и др. Среди кустарников замечен

можжевельник обыкновенный (Juníperus commúnis), единично был встречен подрост сосны обыкновенной (Pínus sylvéstris). Определение видов производилось путём полевого обследования и по сделанным автором фотоматериалам (таблица Д.5, рисунок Ж.6).

На участке №1 были выбраны 3 учётные площадки, внутри каждой из которых выбиралась часть меньшего размера (1х1 м) для сбора фитомассы, по типу квадратных учётных площадок, с помощью ножниц и последующим формированием в отдельные мешки [15]. Следующим этапом было взвешивание собранной фитомассы на каждой площадке (без повидового взвешивания). Исходя из полученных величин, высчитывалась фитомасса на участок в целом, а также среднее значение для рассматриваемой территории в тоннах на гектар (рисунки Ж.7-8).

Полигон №3 (район ЛЭП, Надымский район) расположен в 4 км от р.Надым, в её пойме; в северном направлении ближайшим объектом является автотрасса Надым – Приозёрный (170 м) и южная часть песчаного раздува (700 м), в 1,5 км восточнее размещаются объекты инфраструктуры компрессорной станции (КС), с юга ограничен лиственнично-берёзовым лесом. Площадь участка составила 30х10 м (300 м^2), разделён на учётные площадки 10х10 м (100 м^2). Вид воздействия – вырубка лесной растительности для размещения воздушных линий электропередач от КС. В настоящее время на данном техногенно-нарушенном участке произрастают кустарниковые (голубика обыкновенная (Vaccínium uliginósum), толокнянка обыкновенная (Arctostáphylos úva-úrsi), карликовая берёза (Bétula nána), можжевельник обыкновенный (Juníperus commúnis), ольха кустарниковая (Alnus fruticosa)) и кустарничково-лишайниково-моховые сообщества (брусника (Vaccínium vítis-idaéa), шикша сибирская (Émpetrum), мхи из рода кукушкин лён (Polýtrichum commúne), лишайники из рода кладония (Cladonia)), единично встречался подрост Pínus sylvéstris (рисунок Ж.9).

Границы площадок участка по ЛЭП размечались мерной лентой, угловые точки которых закреплялись на местности деревянными колышками. Внутри каждой площадки производилась идентификация растительных ассоциаций, и определялся процент покрытия тем иди иным видом от общего числа. Лишайниково-моховые сообщества на данной территории под ЛЭП занимали всю рассматриваемую площадь. Сбор растительности осуществлялся внутри первой площадки, размер выбранных частей - 0,5х0,5 (для кустарников) и 0,25х0,25 (для мхов и лишайников [15]. Данная фитомасса взвешивалась в граммах для лишайниково-мохового покрова под кустарниками и отдельно на открытом пространстве, кустарники взвешивались по видам. Из полученных значений рассчитывалась фитомасса на каждую учётную площадку (для кустарников в зависимости от процентного соотношения учитываемого вида) и переводилась в тонны на

гектар, находилось средняя величина по учётным площадкам и участка под ЛЭП в целом (таблицы Д.6-7).

2.3 Обработка космического снимка, пространственный и статистический анализ данных

В данной работе использовался космический снимок спутниковой системы Landsat 8 OLI, покрывающий территорию Надымского района с описанными ранее изучаемыми полигонами. Снимок был скачен с официального сайта геологической службы США USGS [36]. Обработка выбранного мультиспектрального изображения осуществлялась на базе программного комплекса «ENVI 5.2». Основные характеристики рассматриваемого снимка представлены в таблице 2.1.

Корректировка значений NDVI проводилась по снимкам спутника Landsat-8 архива данных и инструментальных возможностей программы SENTINEL Hub EO Browser [35].

Таблица 2.1 – Основные характеристики космоснимка, покрывающего исследуемую территорию Надымского района (составлено автором)

Спутник	Номер снимка	Дата съёмки	Покрытие Row/Path	Пространственное разрешение
Landsat 8 OLI	LC8L15901420180725	25 июля 2018 г	159/14	30 м

Расчёт вегетационного индекса NDVI производился на основе данного снимка изначально открытого в естественных цветах (комбинация канало 4,3,2). Главным инструментом для получения интересуемых значений являлся «калькулятор вегетационных индексов» (Vegetation Index Calculator). По умолчанию расчет индексов вычислялся для всей сцены. Полученное изображение, открытое в новом дисплее, предстаёт в чёрно-белых тонах, где светлые участки соответствуют большему значению индекса, что означает более активную вегетацию. Для удобства дешифрирования преобразованного изображения была создана собственная цветовая шкала при помощи инструментария Color mapping (Density slice), на основе уже рассчитанных ранее величин NDVI. Значение пикселя в определённом месте курсора определялось вызовом функции Cursor Location/Value (Приложение Г).

Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи программной надстройки «пакет анализа» с выбором инструмента «регрессионный анализ» и ряда статистических формул Microsoft Excel 2010.

Выводы

Расположение рассматриваемой территории Надымского района в пределах северотаёжной зоны обуславливает наличие определённых физико-географических факторов, влияющих на интенсивность самозарастания. Так, существенную роль играет рельеф, особенности которого определяют скорость и развитие растений. В данном случае преобладания плоского рельефа не создаёт значимых условий для быстрого зарастания растительностью, но и не ограничивает её формирование. Большое значение на развитие фитоценозов оказывают климатические показатели. Например, невысокие значения солнечной радиации предопределяют непродолжительный вегетационный период, а количество осадков, которое для изучаемой местности относительно высокое, в определённой степени благоприятно сказывается на росте растительности. В то же время, застойной увлажнение, которое характерно для данных территорий, может замедлять развитие растений. Для открытых пространств в ЯНАО характерно усиление ветра, что с одной стороны положительно влияет за счёт распространения семян с естественных растительных ассоциаций, с другой стороны, проявляется отрицательное воздействие по причине ветровой эрозии, в особенности на песчаных поверхностях, и иссушении поверхностного слоя почвы. Наличие отдельных типов почв и их гранулометрический и механический состав определяют развитие конкретных растительных сообществ и скорость их возобновления на нарушенных территориях. Так, с подзолистыми почвами в долинно-придолинных участках р.Надым связано формирование светлохвойных пород, в особенности сосновых, а ближе к пойменным местоположениям с преимущественным развитием аллювиальных почв лиственнично-березовых и травяных фитоценозов.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Определение состояния растительности выбранных техногенно нарушенных участков производилось на основе количества фитомассы и расчёта соответствующей величины показателя NDVI. По выявленным данным был осуществлён сравнительный анализ участков полигонов с разнотипным самозарастанием и сопоставление каждого со значениями непосредственно прилегающей коренной ненарушенной лесной растительности.

Для получения итоговых значений количества фитомассы отобранная взвешенная растительность была математически рассчитана и статистически обработана (выявлены средние значения, стандартное отклонение и ошибка), и сводилась в таблицы отдельно для каждого полигона (Приложение Д). По вычисленным значениям NDVI также были получены определённые статистические показатели, построены карта-схемы (Таблица 3.1, Приложение Е). Результатам получения интересуемых количественных характеристик стала сводная таблица фитомасс и NDVI по полигонам (таблица 3.2).

Таблица 3.1 - Значения NDVI на участках изучаемых полигонов (данные автора)

Показатель	Полигон №1 (р-он аэропорта Надым, г.Надым)		Полигон №2 (мкр.Правобережный, г.Надым)		Полигон №3 (Надымский р-он)	
	Участок №1 (подрост сосны)	Участок №2 (лесной массив)	Участок №1 (травяной покров)	Участок №2 (лесной массив)	Участок №1 (под ЛЭП)	Участок №2 (лесной массив)
N	10	10	10	10	10	10
SD	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
MEAN	0,24	0,42	0,25	0,46	0,57	0,67
SEM	0,01	0,007	0,007	0,008	0,007	0,007

Таблица 3.2 - Сводная таблица значений NDVI и фитомасс на участках полигонов (данные автора)

Показатель	Полигон №1 (р-он аэропорта Надым, г.Надым)		Полигон №2 (мкр.Правобережный, г.Надым)		Полигон №3 (Надымский р-он)	
	Участок №1 (подрост сосны)	Участок №2 (лесной массив)	Участок №1 (травяной покров)	Участок №2 (лесной массив)	Участок №1 (под ЛЭП)	Участок №2 (лесной массив)
NDVI	0,24	0,42	0,25	0,46	0,57	0,67
Фитомасса, т/га	15,0	-	10,6	-	27,3	-

Примечание - дефисом показано отсутствие значений фитомасс

С целью выявления корреляционных связей, характеризующих изменение функции в зависимости от определенного аргумента, был применён один из статистических методов, а именно регрессионный анализ по полученным значениям индекса NDVI и фитомасс (таблица 3.3). Для наглядности представления результатов был построен совмещенный график рассматриваемых показателей (рисунок 3.1).

Таблица 3.3 - Основные показатели регрессионного анализа на основе значений NDVI и фитомасс техногенно нарушенных участков (данные автора)

Показатель	Значение
Множественный R (коэффициент корреляции)	0,98
R-квадрат (коэффициент детерминации)	0,96
Нормированный R-квадрат (коэффициент детерминации)	0,94
Стандартная ошибка	0,04
p-значение (значимость F)	0,02
Наблюдения	4

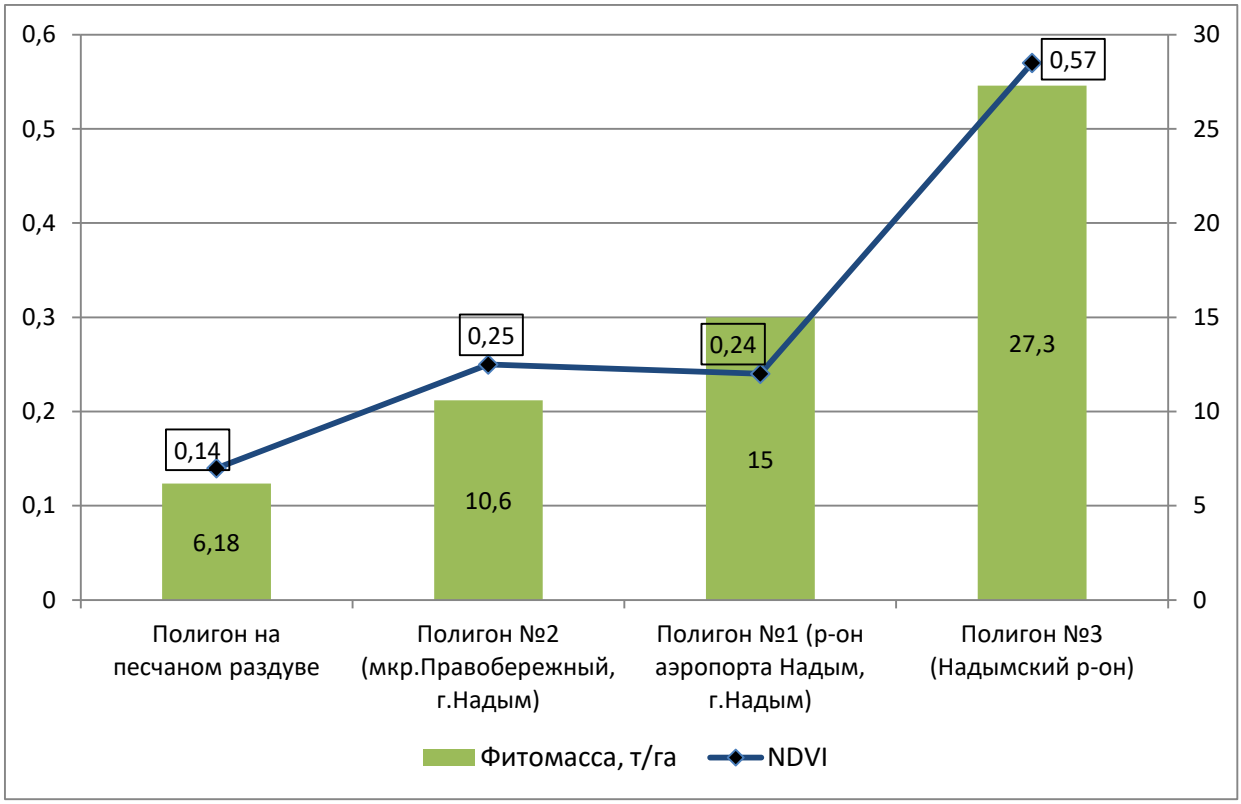

Рисунок 3.1 – Совмещенный график NDVI и фитомасс техногенно нарушенных участков исследуемых полигонов (по данным автора)

Коэффициент корреляции составил 0,98, что свидетельствует об очень сильной положительной корреляционной связи между полученными в ходе полевых исследований значений фитомасс и индекса NDVI для исследуемых территорий. Коэффициент

детерминации, показывающий степень соответствия значений регрессионной модели к наблюдаемому индексу, показал, что в 96% вариация зависимой величины (показатель NDVI) объясняется фитомассой, выступающей влияющим фактором. Точность аппроксимации удовлетворительная, т.е. модель в целом адекватна описываемому явлению. По уровню значимости критерия Фишера (p-значение) результаты показали, что модель статистически достоверна, т.к. полученное значение меньше 0,05 (0,02).

Можно отметить, что несмотря на бóльшую величину фитомассы на участке №1 полигона №1 по сравнению с полигоном №2, NDVI в последнем случае немного выше, что, возможно, обусловлено спецификой спектрального индекса, реагирующего во многом на густоту растительного покрова, которая для травяной растительности несколько выше, нежели для территории с подростом сосны с более рассредоточенным распространением древостоя. В целом, результаты показывают, что разница в значениях индексов NDVI на техногенно нарушенных участках с самозарастанием травяной растительностью и подростом сосны, незначительны.

Наибольшие значения как по фитомассе (27,3 т/га), так и по соответствующей ей NDVI (0,57), были получены на участке прохождения ЛЭП на полигоне №3. Это связано с относительно меньшим антропогенным преобразованием территории, проявившиеся лишь в рубке древесной растительности под линиями электропередач, т.е. не была произведена коренная трансформация фитоценозов. На это указывает и значение NDVI для прилегающего леса, которое заметно контрастирует с лесной растительностью первых двух полигонов, вероятно, по причине расположения вне урбанизированной территории, а также с ландшафтными особенностями и видовым составом растительных сообществ.

На первом участке полигонов №1 и №2 различие в величине нормализованного относительного индекса растительности в сравнение с прилегающими лесными массивами составило 0,18 и 0,21 соответственно; на полигоне №3 с преимущественным зарастанием кустарничково-лишайниково-моховыми сообществами значение данной разницы в 2 раза меньше (0,10), что свидетельствует о том, что восстановление растительности на последнем происходит относительно быстрее по сравнению с территориями промзон г.Надым.

Выводы

Результаты статистического анализа полученных данных по фитомассе изученных нарушенных территорий и соответствующего вычисленного спектрального индекса NDVI показали тесную связь между этими показателями. Разница в значениях фитомасс между трансформированными участками в пределах городской черты довольно заметно отличается от разности индексов для них же, при этом за пределами г.Надым менее

техногенно нарушенные земли с неминерализованными поверхностями имеют значения по выбранным параметрам значительно выше. Сравнение рассмотренных участков с незатронутой лесной растительностью показали хорошую степень зарастания на полигоне № 3 (ЛЭП), относительно немного медленнее данный процесс протекает на первых двух.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проделанной работы стали следующие выводы:

- Индекс NDVI широко применяется во многих исследованиях при изучении состоянии растительности, в том числе и по характерным параметрам, таким как фитомасса. Отдельные научные работы показывают связь индекса с данным показателем, при этом определение различий на разнотипных по самозарастанию техногенно нарушенных территориях в пределах северотажёной зоны остаётся недостаточно изученным;
- На формирование растительности в районе исследования и скорость самовосстановления особенно влияют геоморфологические и климатические факторы, а также тип почв и их гранулометрический состав. Характерными растительными сообществами изучаемой местности выступают лиственнично-березовые леса с кустарничково-лишайниково-моховым покровом и травяные луга в пойменных и припойменных местоположениях, а также сосновые сфагновые леса в долинно-придолинных участках;
- Техногенно нарушенные участки характеризуются небольшими средними значениями индекса NDVI: на участке №1 (нарушенный) полигона №1 показатель составил 0,24, на аналогичном участке полигона №2 – 0,25, относительно более высокие значения отмечены в пределах техногенно нарушенного участка №1 полигона №3 – 0,57;
- Одними из основных видов техногенных нарушений на рассмотренной территории является минерализация грунта с полным удалением растительного покрова (строительство промышленных объектов и автомобильных дорог и др.) и периодические вырубки древостоя (преимущественно расчистка под трассы коммуникаций). Выделяется несколько типов первичных сукцессий нарушенных участков: древесными, травяными или кустарничково-лишайниково-моховыми сообществами; в первом случае, фитомасса на участке составила 15,0 т/га для полигона №1 (подрост сосны в районе аэропорта Надым, г.Надым), во втором, на полигоне № 2 (луговая растительность в мкр.Правобережный, г.Надым) – 10,6 т/га, на третьем участке №3 (кустарничково-лишайниково-моховые сообщества под ЛЭП, Надымский район) – 27,3 т/га;
- Различия в индексах обусловлены типом растительности и видом нарушения – индекс NDVI лугового типа зарастания имеет более высокие значение по сравнению с участком, где сформировался подрост сосны вследствие специфики самого показателя, реагирующего на густоту растительности (плотность

фитомассы), которая в варианте с сосной более рассредоточена. Наибольшее значение NDVI (0,57) на участке полигона №3 под ЛЭП с кустарничково-лишайниково-моховым растительным покровом по сравнению с другими нарушенными участками (луг и хвойный подрост) связано с наименьшим антропогенным преобразованием – органогенный почвенный горизонт сохранился.

- Индекс NDVI является в достаточной степени информативным при оценке состояния растительности по фитомассе для различных по типологии зарастания техногенно-нарушенных территорий северотаёжной зоны Западной Сибири, что подтверждается высокими достоверными значениями коэффициента корреляции (0,98) и детерминации (0,96) между значениями вегетационного индекса и величиной вегетирующей фитомассы изученных участков;
- Минимальные различия в значениях индекса NDVI между нарушенными и естественными зонами исследованных полигонов отмечается в зоне ЛЭП (полигон 3), составляющие 0,1, тогда как на полигоне №1 (подрост сосны) различия составляют 0,18 и на полигоне 2 (луг) – 0,21.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антоновский М.Я., Колосов П.А., Минин А.А., Миловидова С.В., Пивоваров В.А. Пространственно-временная классификация растительности и ее биологической активности на базе спутниковых наблюдений // отчет о НИР № 97-05-65048 (Российский фонд фундаментальных исследований), 1977.
2. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа / ред. кол.: И.Л. Левинзон, С.И. Ларин и др. Омск. Омская картографич. фабрика. 2004;
3. Багинский, В. Ф. Таксация леса: учебное пособие для студентов специальности «Лесное хозяйство», «Лесоинженерное дело», «Садово-парковое хозяйство» / В. Ф. Багинский. – Гомель: ГГУ им Ф. Скорины, 2012.
4. Бакулин В.В. Козин В.В. География Тюменской области: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд., 1996. – 240 с.: ил.
5. Быкова О.Ю. Антропогенная трансформация ландшафтов и анализ экологических ситуаций ямало-ненецкого автономного округа: Автореферат дис. … канд. географ. наук / Ин-т географии. Москва, 1995.
6. Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование Тюменской области. Под ред. Н.А. Гвоздецкого. М.: Изд-во МГУ, 1973. – 246 с.
7. Гопп Н.В., Смирнов В.В. Использование вегетационного индекса (NDVI) для оценки запасов надземной фитомассы тундровых сообществ растений // Гео-Сибирь. 2009. Т. 4. № 1. С. 187-191.
8. Григорец Е.А., Капралова Д.О., Пермитина Л.И. Использование Российских данных ДЗЗ для изучения динамики восстановления эколого-ресурсного потенциала лесных регионов после воздействия пожаров // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т . 26. № 1. С. 52-62.
9. Дюкарев Е.А., Алексеева М.Н., Головацкая Е.А. Исследование растительного покрова болотных экосистем по спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. 2017. № 2. С. 38-51.
10. Елсаков В.В., Щанов В.М. Дистанционный мониторинг разновременных нарушений растительного покрова в районах добычи и транспортировки нефти // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. Т. 1. № 1. С. 152-155.
11. Козин В.В., Козина А.В. Ландшафтное районирование / Атлас ЯНАО. 2004. С. 227-234.

12. Козин.В.В. Ландшафтный анализ в нефтегазопромысловом регионе: Монография. Тюмень. Издательство Тюменского государственного университета, 2007. 240 с.
13. Кондратьева К.А., Дунаева Е.Н., Труш Н.И., Гаврилов А.В., Афанасьенко Е.В., Хруцкий С.Ф., Ершов Э.Д. Министерство геологии СССР ПГО "Гидроспецгеология" 1991 г. – 126 с.
14. Корниенко С.Г. Оценка трансформаций природных ландшафтов Тазовского полуострова по данным космической съемки // География и природные ресурсы. 2001. № 1. С. 67-73.
15. Корчагин А.А., Лавренко Е.М.(ред.) Полевая геоботаника. Методическое руководство. Том 3. Москва: Издательство Академии Наук СССР, 1964. – 530 с.
16. Кравцова В.И., Лошкарева А.Р. Динамика растительности экотона тундра-тайга на Кольском полуострове в связи с климатическими колебаниями // Экология. 2013. № 4. С. 275.
17. Лавриненко И.А., Лавриненко О.В. Влияние климатических изменений на растительный покров островов Баренцева моря // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2013. № 6. С. 4-16.
18. Московченко Д.В., Арефьев С.П., Глазунов В.А., Тигеев А.А. Изменение состояния растительности и геокриологических условий Тазовского полуострова (восточная часть) за период 1988-2016 гг // Криосфера Земли. 2017. Т. 21. № 6. С. 3-13.
19. Московченко Д.В. Особенности многолетней динамики растительности Бованенковского месторождения (полуостров Ямал)// Вестник ТюмГУ. Экология (№12). 2013. С. 57-66.
20. Ничипорович З.А., Радевич Е.А. Опыт использования NDVI-индекса для мониторинга сельскохозяйственных земель полесья по данным спектрозональной космосъемки ikonos // Журнал прикладной спектроскопии. 2012. Т. 79. № 4. С. 681-684.
21. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в ЯНАО // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2012. № 4. С. 87-101.
22. Терехин Э.А. Оценка сезонных значений вегетационного индекса (NDVI) для детектирования и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур // Исследование Земли из космоса. 2015. № 1. С. 23.
23. Усольцев В.А., Залесов С.В. Методы определения биологической продуктивности насаждений – Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. ун-т., 2005. – 147 с.

24. Хренов В.Я. Почвы криолитозоны Западной Сибири: морфология, физико-химические свойства, геохимия / В.Я. Хренов. – Новосибирск: Наука, 2011. – 211 с.; Почвы Тюменской области: словарь-справочник / В.Я. Хренов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2002. – 156 с.
25. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. 2009. № 3. С. 28-32.
26. Elmendorf, Sarah C.; Henry, Gregory H.R.; Hollister, Robert D.; Björk, Robert G.; Bjorkman, Anne D.; Callaghan, Terry V., et al [Gould, William A.; Mercado, Joel]. 2012. Global assessment of experimental climate warming on tundra vegetation: heterogeneity over space and time. Ecology Letters 15: 164–175.
27. Lara M.J., Nitze I., Grosse G., Martin P., David McGuire A. Reduced arctic tundra productivity linked with landform and climate change interactions // Scientific Reports. 2018. Т. 8. № 1. С. 2345.
28. Архив климатических данных по метеостанции г.Надым, Ямало-Ненецкий АО. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://climatebase.ru/station/23445
29. Вегетационные индексы. GIS-Lab [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://gis-lab.info/qa/vi.html#pvi
30. Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа. Официальный сайт правительства ЯНАО [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.yanao.ru/documents/other/11405/
31. Плотность дерева, древесины [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://tree-forest.ru/classification/plotnost-dereva/
32. Ямало-Ненецкий центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Сайт Росгидромет [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.meteorf.ru/about/structure/cgms/3084/
33. NDVI – теория и практика. GIS-Lab [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://gis-lab.info/qa/ndvi.html
34. Measuring Vegetation. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Earthobservatory.nasa.gov [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_php
35. SENTINEL Hub EO Browser [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/
36. USGS EarthExplorer – U.S. Geological Survey // USGS EarthExplorer [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://earthexplorer.usgs.gov

ПРИЛОЖЕНИЕ А

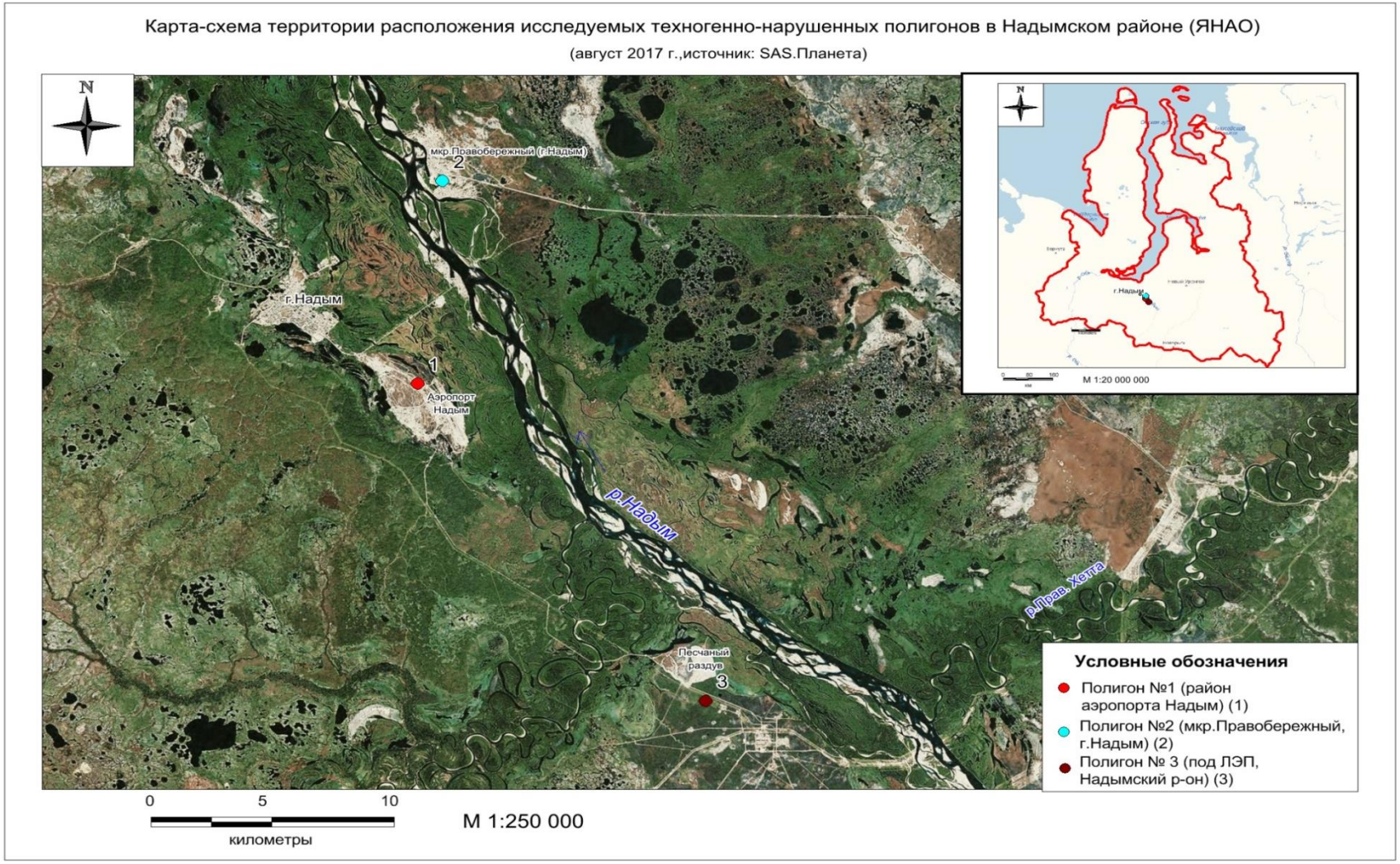

Рисунок А.1 – Карта-схема территории расположения изучаемых полигонов (составлено автором; источник SAS.Планета, август 2017 г.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Географические координаты техногенно нарушенных участок изучаемых полигонов (г.Надым и Надымский район) (данные автора)

Участок №1 (подрост сосны) полигона №1 (район аэропорта Надым)		
№ угловой точки	N	E
1	65°29'49.5"	72°39'38.2"
2	65°29'50.5"	72°39'41.3"
3	65°29'48.6"	72°39'41.3"
4	65°29'49.5"	72°39'44.5
5	65°29'47.4"	72°39'43.9"
6	65°29'48.3"	72°39'47.0"
7	65°29'46.3"	72°39'46.2"
8	65°29'47.1"	72°39'49.2"
Участок №1 (травяной луг) полигона №2 (мкр.Правобережный, г.Надым)		
№ площадки	N	E
1	65°35'49.3"	72°41'30.6"
2	65°35'48.7"	72°41'33.8"
3	65°35'47.0"	2°41'33.6"
Участок №1 (кустарничково-лишайниково-моховые сообщества) полигона №3 (ЛЭП, Надымский район)		
№ площадки	N	E
1	65°20'30.9"	72°57'40.7"
2	65°20'31"	72°57'39.7"
3	65°20'31.4"	72°57'38"

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Рисунок В.1 – Карта-схема территории расположения полигона №1 (район аэропорта Надым)

(составлено автором; источник SAS.Планета, август 2017 г.)

Рисунок В.2 – Карта-схема территории расположения полигона №2 (мкр.Правобережный)

(составлено автором; источник SAS.Планета, август 2017 г.)

Рисунок В.3 – Карта-схема территории расположения полигона №3 (ЛЭП, Надымский район)

(составлено автором; источник SAS.Планета, август 2017 г.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

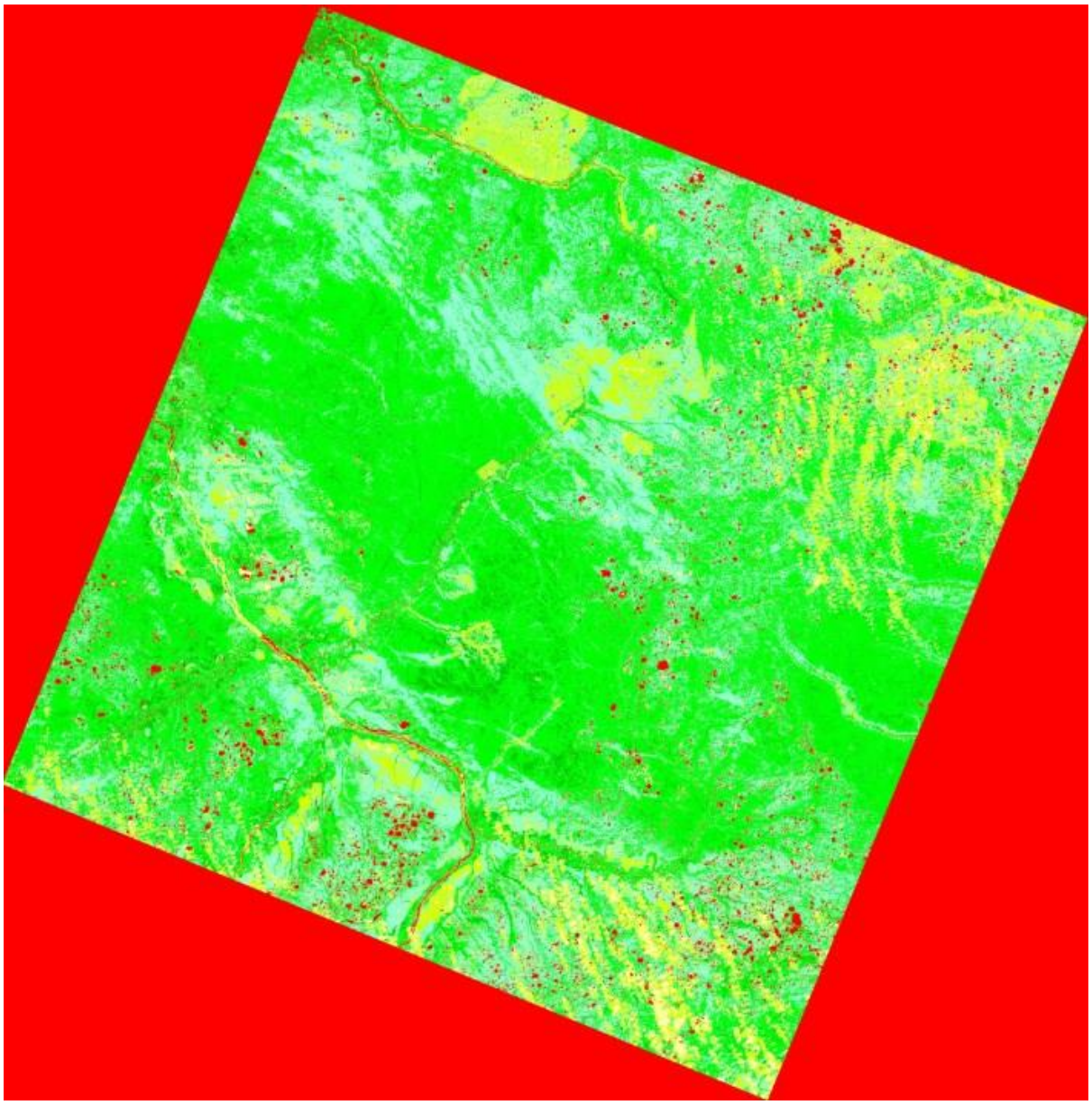

Рисунок Г.1 – Индексное изображение NDVI космоснимка, покрывающего Надымский район, от 25.07.2018 г (Landsat-8), рассчитанное автором в ПК «ENVI 5.2» (составлено автором; источник: http://earthexplorer.usgs.gov)

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Значения количества подроста сосны и его средней высоты для участка №1 полигона №1 (район аэропорта Надым) (данные автора)

Высотная группа, м	Количество, шт.	Средняя высота, м
0,5-1	320	0,71
1-1,5	393	1,26
1,5-2	210	1,77
более 2	254	3,14
Общее число	1177	-

Таблица Д.2 – Количественные характеристики модельных образцов подроста сосны по высотным группам на участке №1 полигона №1 (данные автора)

1 группа: 0,5 - 1 м					2 группа: 1,0 – 1,5 м					группа: 1,0 – 1,5 м				
№	возраст, лет	h, см	M, гр	Dствл, см	№	возраст, лет	h, см	M, гр	Dствл, см	№	возраст, лет	h, см	M, гр	Dствл, см
1	9	56,0	50,0	3,30	1	10	137	490	1,88	1	10	175	820	2,40
2	11	69,0	110	1,04	2	11	146	630	2,25	2	12	193	1000	2,70
3	7	63,0	50,0	0,78	3	9	119	390	1,88	3	11	173	990	2,68
4	7	79,0	230	1,48	4	10	124	410	2,00	4	11	181	1480	3,41
5	8	95,0	100	0,98	5	10	105	220	1,37	5	14	184	790	2,91
6	9	73,0	90,0	1,18	6	10	120	390	2,1	6	11	191	1210	3,00
7	10	70,0	130	1,31	7	10	133	340	1,8	7	11	173	1430	2,90
8	9	65,0	90,0	1,24	8	11	142	420	2,01	8	9	159	470	1,91
9	8	85,0	160	1,33	9	11	116	340	1,81	9	11	167	450	2,00
10	6	57,0	100	1,02	10	10	116	450	2,02	10	11	173	1320	3,30
MEAN	8,40	71,2	111	1,37	MEAN	10,2	126	408	1,91	MEAN	11,1	177	996	2,72
Min	6	56	50,0	0,78	Min	9,00	105	220	1,37	Min	9,00	159	450	1,91
Max	11	95	230	3,30	Max	11,0	146	630	2,25	Max	14,0	193	1480	3,41

Таблица Д.3 - Результаты измерений фитомассы модельных деревьев сосны обыкновенной на участке №1 (травяной покров), гр. (данные автора)

Модельные образцы (взвешенные)	Высотные группы подроста, м			
	0,5 – 1,0	1,0 -1,5	1,5 – 2,0	более 2,0
Хвоя, гр				
1	36,8	157	670	6652
2	51,3	183	271	3389
3	65,7	130	544	4854
n	3	3	3	3
SD	14,5	26,6	204	1635
MEAN	51,2	157	495	4965
SEM	8,34	15,3	118	944
Древесная часть, гр				
1	45,4	252	770	37146
2	36,8	258	465	25282
3	89,6	202	664	45375
n	3	3	3	3
SD	28,3	31,0	155	10101
MEAN	57,3	237	633	35934
SEM	16,7	17,9	89,5	5832
Общая фитомасса, гр				
n	3	3	3	3
SD	40,6	56,4	382	11067
MEAN	109	394	1145	40899
SEM	23,5	32,6	220	6390

Таблица Д.4 - Фитомасса подроста сосны обыкновенной на участке №1 полигона №1 (район аэропорта Надым) (данные автора)

Высотные группы подроста, м	Средняя фитомасса (хвоя), гр	Средняя фитомасса (древесная часть), гр	Общая фитомасса, гр	Кол-во подроста	Фитомасса на полигон (хвоя), т/га	Фитомасса на полигон (древесная часть), т/га	Общая для полигона, т/га
0,5 – 1,0	51,2	57,3	109	320	0,02	0,02	0,05
1,0 -1,5	157	237	394	393	0,08	0,12	0,21
1,5 – 2,0	495	633	1145	210	0,14	0,18	0,32
более 2,0	4965	35934	40899	254	1,68	12,2	14,4
Итого:					1,92	12,5	15,0

Таблица Д.5 - Результаты взвешивания травяного покрова на площадках сбора участка №1 полигона №2 (мкр.Правобережный, г.Надым) (данные автора)

Номер площадки сбора травяной растительности	Значение фитомассы, гр
1	948
2	1179
3	1054
n	3
SD	116
MEAN	1060
SEM	66,8

Таблица Д.6 – Виды фитоценозов и их процентное соотношение на учётных площадках участка №1 (ЛЭП) полигона № 3 (данные автора)

Площадка	Вид растительности	Мохово-лишайниковый	Кустарнички, %
1	Мох (род кукушкин лён), лишайник (род кладония), голубика, можжевельник, брусника, карликовая берёза, подрост сосны, злаковая растительность	100	50 (40% - голубика, 7% - ерник, 2 - можжевельник, брусника, злаки < 1%)
2	Мох (род кукушкин лён), лишайник (род кладония), голубика, можжевельник, брусника, карликовая берёза, злаковая растительность, водяника, толокнянка обыкновенная, ольха кустарниковая		70 (33% - голубика, 33% - ерник, 1% - можжевельник, 2% ольха кустарниковая, брусника, водяника, злаки < 1%)
3	Мох (род кукушкин лён), лишайник (род кладония), голубика, можжевельник, брусника, подрост сосны, злаковая растительность, водяника, толокнянка обыкновенная, ольха кустарниковая		80 (70% - голубика, 7% - ольха кустарниковая, 2 - можжевельник, брусника, водяника, злаки < 1%)

Таблица Д.7 - Результаты измерений растительности на участке №1 (ЛЭП) полигона №3 (данные автора)

Площадка	Вид растительности	Фитомасса на площадке сбора, гр	Фитомасса на площадке 10х10 м, тонны
1	мох + лишайник	179	0,129
	мох под голубикой	103	0,066
	мох под можжевельником	122	0,004
	мох под ерником	122	0,014
	голубика	286	0,046
	можжевельник	482	0,004
	ерник	829	0,023
2	мох + лишайник	120	0,057
	мох под голубикой	161	0,085
	мох под можжевельником	190	0,003
	мох под ерником	190	0,100
	голубика	400	0,053
	можжевельник	674	0,003
	ерник	1160	0,153
3	мох + лишайник	79,7	0,025
	мох под голубикой	184	0,021
	мох под можжевельником	217	0,007
	голубика	458	0,112
	можжевельник	770	0,005
	Ольха кустарниковая	125	0,032

Таблица Д.8 - Значения фитомассы на участке №1 (ЛЭП) полигона №3, т/га (данные автора)

	Фитомасса на участке №1 полигона №3, т/га	
Учётная площадка	С учётом мхов и лишайников под кустарниками	Без учёта учётом мхов и лишайников под кустарниками
1	17,0	4,0
2	45,0	21,0
3	20,0	15,0
N	3	3
SD	15,4	8,62
MEAN	27,3	13,3
SEM	8,88	4,98

Таблица Д.9 - Средние значения фитомассы на участке №1 (ЛЭП) полигона №3 (Надымский район) (данные автора)

Номер площадки отбора растительности	Фитомасса на участок 10х10м, в тоннах		Фитомасса на полигон 10х30м, в тоннах		Фитомасса, т/га	
	С учётом мхов и лишайников под кустарниками	Без учёта учётом мхов и лишайников под кустарниками	С учётом мхов и лишайников под кустарниками	Без учёта учётом мхов и лишайников под кустарниками	С учётом мхов и лишайников под кустарниками	Без учёта учётом мхов и лишайников под кустарниками
1	0,17	0,10	0,51	0,3	17,0	4,0
2	0,45	0,27	1,35	0,81	45,0	21,0
3	0,20	0,18	0,60	0,54	20,0	15,0
Ср.знач	0,28	0,18	0,84	0,54	27,3	13,3

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

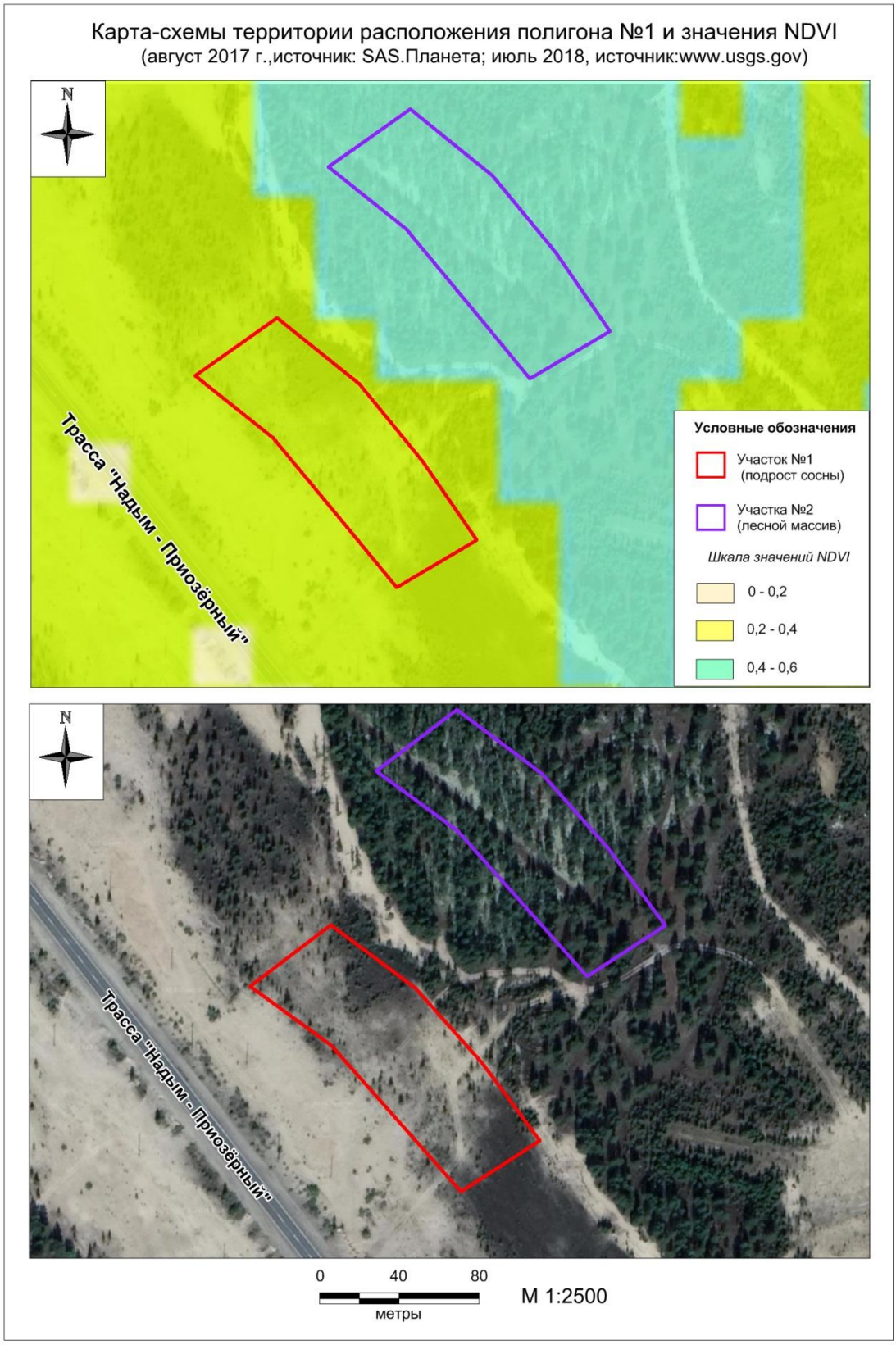

Рисунок Е.1 – Карта-схемы территории расположения полигона №1 (район аэропорта Надым) и величин NDVI (источники: SAS.Планета, http://earthexplorer.usgs.gov) (составлено автором на основе полученных значений NDVI рисунка Г.1)

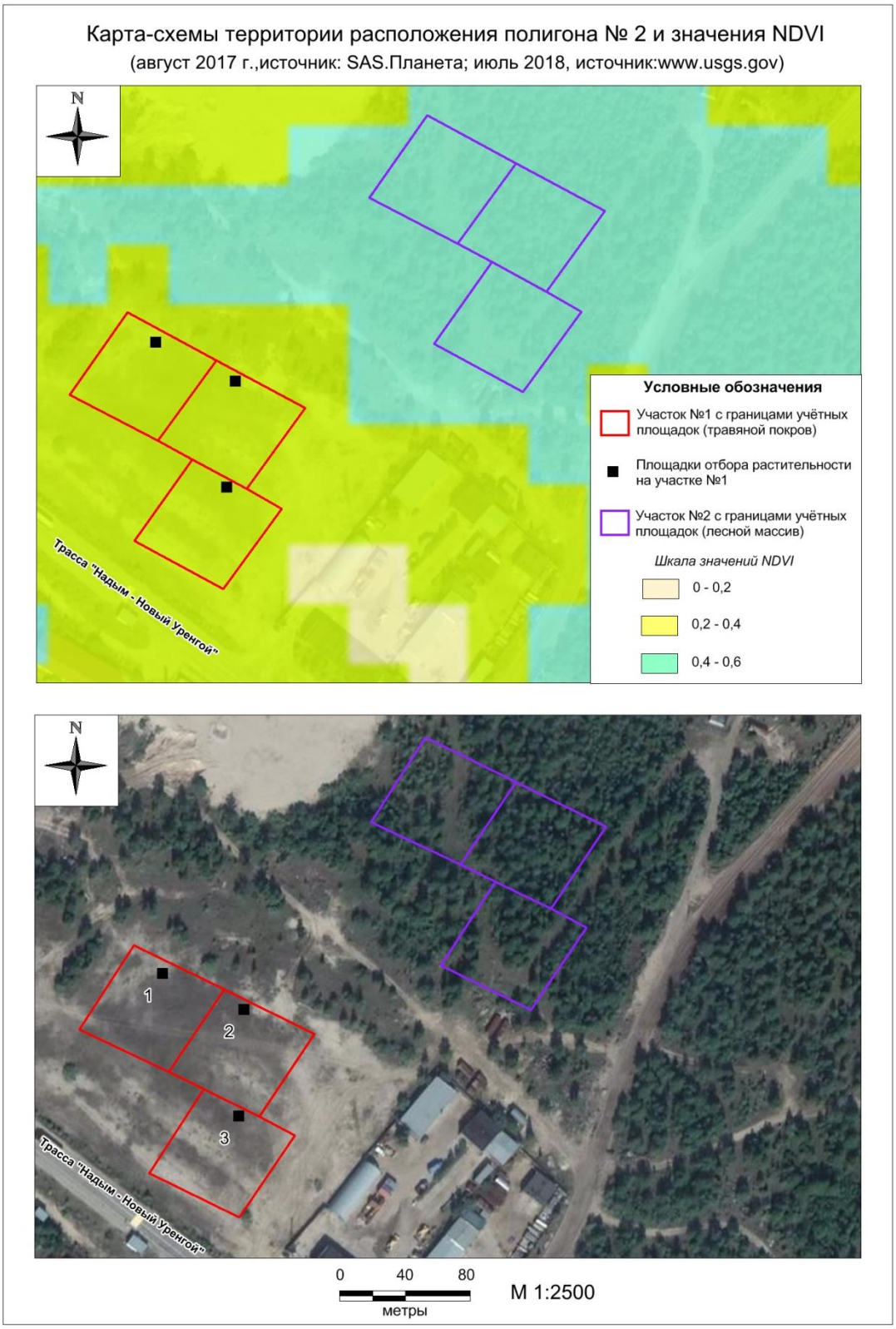

Рисунок Е.2 – Карта-схемы территории расположения полигона №1 (мкр.Правобережный, г.Надым) и величин NDVI (источники: SAS.Планета, http://earthexplorer.usgs.gov) (составлено автором на основе полученных значений NDVI рисунка Г.1)

Рисунок Е.3 – Карта-схемы территории расположения полигона №3 (район ЛЭП, Надымский район) и величин NDVI (источники: SAS.Планета, http://earthexplorer.usgs.gov) (составлено автором на основе полученных значений NDVI рисунка Г.1)

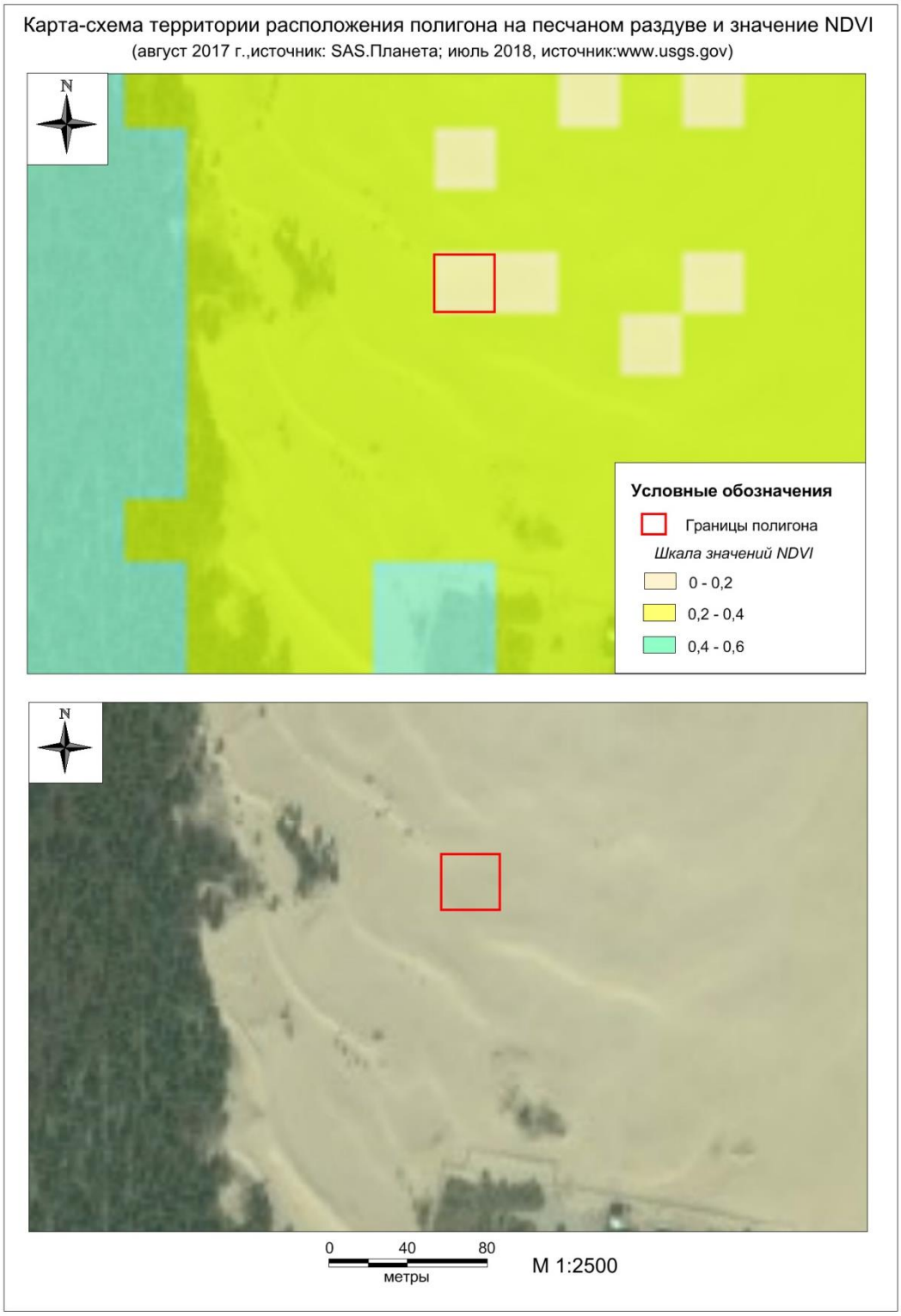

Рисунок Е.4 – Карта-схемы территории расположения полигона на песчаном раздуве и величин NDVI (источники: SAS.Планета, http://earthexplorer.usgs.gov) (составлено автором на основе полученных значений NDVI рисунка Г.1)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Фотоотчёт

Рисунок Ж.1 – Подрост сосны на техногенно нарушенном участке №1 полигона №1 (район аэропорт Надым) (август, 2018 г.) (снимок автора)

Рисунок Ж.2 – Прилегающий с северной стороны лесной массив участка №2 на полигоне №1 (район аэропорт Надым) (август, 2018 г.) (снимок автора)

Рисунок Ж.3 – Взвешивание модельных образцов подроста сосны на участке №1 полигона №1 (район аэропорт Надым) (август, 2018 г.) (снимок Н.В.Приходько)

Рисунок Ж.4 – Определение диаметра ствола модельного подроста сосны (август, 2018 г.) (снимок автора)

Рисунок Ж.5 – Раздельное формирование фракций модельных образцов подроста сосны для взвешивания (август, 2018 г.) (снимок автора)

Рисунок Ж.6 – Травяной луг на участке №1 и прилегающая лесная растительность участка №2 на полигоне №2 (мкр.Правобережный, г.Надым) (август, 2018 г.) (снимок автора)

Рисунок Ж.7-8 – Сбор травяной растительности на техногенно нарушенном участке №1 (травяной луг) полигона № 2 (мкр.Правобережный, г.Надым) (август, 2018 г.) (снимки Н.В.Приходько)

Рисунок Ж.9 – Разметка границ площадок на участке №1 под ЛЭП (кустарничково-лишайниково-моховая растительность) полигона №3 (Надымский район) (август, 2018 г.) (снимок автора)

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них. Материалов, содержащих информацию ограниченного доступа, не содержится.

Отпечатано в 1 экземплярах

Библиография содержит 36 наименований (я)

На кафедру сдан 1 экземпляр (ов)

«___» _____

(дата)

_____ _____

(подпись) (Ф.И.О.)