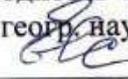


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Геолого–географический факультет

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

канд. геогр. наук, доцент


Н.С. Евсева

подпись

« 01 » июня 2023 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

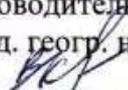
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ
Г. ОШ МЕТОДАМИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО
КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

по направлению подготовки 05.04.02 География
направленность (профиль) «Цифровые технологии в географии»

Полищук Кирилл Станиславович

Руководитель ВКР

канд. геогр. наук, доцент

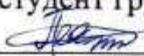

В.В. Хромых

подпись

« 26 » мая 20 23 г.

Автор работы

студент группы № 022110


К.С. Полищук

подпись

« 26 » мая 20 23 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Геолого–географический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

д-р. географических наук, профессор

 Н.С. Евсева

« 05 » 01 2023 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации обучающемуся

Полищуку Кириллу Станиславовичу

(Ф.И.О. обучающегося)

по направлению подготовки 05.04.02 География, направленность (профиль) «Цифровые технологии в географии»

1 Тема магистерской диссертации

Анализ изменений растительного покрова в районе города Ош, Ошской области,

Кыргызской Республики методами геоинформационного картографирования

2 Срок сдачи обучающимся выполненной магистерской диссертации:

а) на кафедру – 03.06.2023 б) в ГЭК – 05.06.2023

3 Исходные данные к работе:

Объект исследования: Растительные сообщества районов города Ош, Ошской области, Кыргызской Республики

Предмет исследования: Многолетняя динамика развития фитоценозов и влияние на них деятельности человека и других факторов

Цель исследования: Анализ динамики растительных сообществ окрестностей города Ош, Ошской области, Кыргызской Республики методами геоинформационного картографирования

Задачи:

- Изучить современные представления об исследовании динамики растительности с помощью геоинформационных технологий на глобальном и региональном уровнях.
- Рассмотреть мировой опыт изучения динамики растительности в Кыргызстане.

- Рассмотреть особенности и характеристики растительного покрова на полевых выездах на ключевых участках территории.
- Проанализировать изменения флористического покрова на космических снимках за период с 1992 по 2022 года, используя современные геоинформационные системы, и создать серию тематических карт на их основе.
- Охарактеризовать динамику растительных сообществ на исследуемой территории и показать их взаимосвязь с различными видами человеческой деятельности или иными факторами.

Методы исследования: исторический, сравнительно–географический, методы полевых исследований, методы дистанционных исследований, геоинформационного картографирования, математической статистики

Организация, по тематике которой выполняется работа: Национальный исследовательский Томский государственный университет

4. Краткое содержание работы

Первый раздел: аналитический обзор литературных источников по теме ВКР.

Второй раздел: описание исходных материалов и методов исследования.

Третий раздел: оригинальная часть, включающая в себя исследование изменений растительного покрова полевыми и дистанционными методами, а также методами геоинформационного картографирования.

Ожидаемые результаты: 1. Серия тематических карт динамики растительного покрова в период с 1992 по 2022 года на основе вегетационных индексов для районов наблюдений. 2. Ботанические описания растительного покрова для ключевых участков. 3. Апробация инструментов геоинформационного картографирования на ключевых участках. 4. Анализ причин изменений растительных сообществ на исследуемой территории.

Руководитель магистерской диссертации

Зав. кафедрой географии НИ ТГУ

(должность, место работы)



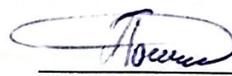
(подпись)

/ В.В. Хромых

Задание принял к исполнению

Студент группы № 022110

(должность, место работы)



(подпись)

/ К.С. Полищук

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа магистра «АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ ГОРОДА ОШ, ОШСКОЙ ОБЛАСТИ, КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ МЕТОДАМИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ» содержит 89 страниц печатного текста, 54 рисунка, 1 таблицу, 4 формулы и 126 источников используемой литературы.

Ключевые слова: вегетационные индексы, NDVI, MSAVI, динамика, растительность, геоинформационное картографирование, город Ош, Кыргызстан.

Объектами исследования являются фитоценозы Ошской области, Кыргызской Республики.

Цель работы: Анализ динамики растительных сообществ окрестностей города Ош, Ошской области, Кыргызской Республики методами геоинформационного картографирования

В результате проведенных исследований установлено, что на всей территории исследования, на всех без исключения ключевых участках зафиксировано падение вегетационных индексов, на ключевом участке Тулейкен на 70%, контрольных участках Кара–Суу и Тепе–Коргон на 40% и 18% соответственно. Вегетационные индексы на упомянутых территориях с середины 2010–х годов демонстрируют слабый рост. Особенно отличается Тепе–Коргон, где в летний сезон наблюдений рост индекса наблюдается сильнее на 48% с 2008 года. Использование классификации для значений вегетационных индексов позволило более детально проанализировать динамику растительного покрова. На ключевых участках Тулейкен, Кара–Суу, Тепе–Коргон, падение вегетационных индексов совпадает с сокращением площадей занимаемых кустарниковой растительностью и редколесьями, преобладают травянистые покровы более 90% покрытия территорий. Участки Кара–Суу и Тепе–Коргон демонстрируют с середины 2010–х годов рост кустарниковых покровов и редколесий. Полевые выезды на контрольные участки в микрорайоне Тулейкен и в Кара–Сууйском районе подтвердили сокращение биоразнообразия фитоценозов. Абсолютное большинство видов растительных сообществ на упомянутых ранее участках – травянистые растения, ксерофиты более 80%. Зафиксированно незначительное число мезо и гигрофитов. Также во время полевых выездов отмечены основные виды хозяйственной деятельности человека, которые повлияли на деградацию изучаемых фитоценозов, к примеру такие как: выпас скота, строительство жилых и хозяйственных построек, вырубка редколесий и прочие.

ANNOTATION

The Master's graduation thesis "VEGETATION COVER CHANGES ANALYSIS IN THE VICINITIES OF OSH CITY, OSH REGION, KYRGYZ REPUBLIC BY GIS-MAPPING METHODS" contains 89 pages of printed text, 54 figures, 1 table, 4 formulas and 124 sources of the literature are used.

Keywords: vegetation indices, NDVI, MSAVI, dynamics, vegetation, GIS-mapping, Osh city, Kyrgyzstan.

The study objects are phytocenoses of the Osh region, the Kyrgyz Republic

The work objective: Analysis of the dynamics of plant communities in the vicinity of the city of Osh, Osh region, Kyrgyz Republic by GIS-mapping methods.

As a result of the conducted studies, it was found that throughout the study area, in all key areas, without exception, a drop in vegetation indices was recorded, in the key area of Tuleiken by 70%, in the control areas of Kara–Suu and Tepe–Korgon by 40% and 18% respectively. Vegetation indices in the territories mentioned earlier have been showing weak growth since the mid–2010s. Tepe–Korgon is particularly different, where in the summer observation season the index growth is observed by 48% stronger since 2008. The use of classification for the values of vegetation indices allowed us to analyze the dynamics of vegetation cover in more detail. In the key areas of Tuleiken, Kara–Suu, Tepe–Korgon, the decline in vegetation indices coincides with a reduction in the areas occupied by shrubby vegetation and sparse woodlands, herbaceous covers prevail over 90% of the coverage of territories. The Kara–Suu and Tepe–Korgon plots have been demonstrating the growth of shrub covers and sparse woodlands since the mid–2010s. Field visits to control sites in the Tuleiken microdistrict and in the Kara–Suu district confirmed a reduction in the biodiversity of phytocenoses. The absolute majority of species of plant communities on the sites mentioned earlier are herbaceous plants, xerophytes more than 80%. A small number of meso and hygrophytes were recorded. Also, during field trips, the main types of human economic activity that affected the degradation of the studied phytocenoses were noted, for example, such as: cattle grazing, construction of residential and outbuildings, cutting down of woodlands and others.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1. Ошская область Кыргызской республики как объект изучения ботанического разнообразия	9
1.1 Географическое положение.....	9
1.2 Характеристика растительного покрова	14
1.3 Изучение растительного покрова на территории Кыргызской республики.....	23
2. Материалы и методы исследования	26
2.1 Использование методов геоинформационного картографирования при изучении растительного покрова.....	26
2.2 Данные дистанционного зондирования, используемые в исследовании.....	29
2.3 Вегетационные индексы, используемые в исследовании	31
2.4 Программное обеспечение и инструменты, используемые в исследовании.....	35
3. Динамика растительного покрова на территории города Ош и его окрестностей....	41
3.1. Изменения вегетационных индексов весеннего сезона в районе города Ош и их тенденции.....	41
3.2 Изменения вегетационных индексов летнего сезона в районе города Ош и их тенденции.....	43
3.3 Изменения вегетационных индексов весеннего и летнего сезона наблюдений и их тенденции на ключевых участках.....	455
3.4 Многолетние изменения площади растительных покровов, рассчитанные на основе классов растительности	59
3.4.1 Изменения площадей классов растительного весеннего сезона наблюдений в районе города Ош и их тенденции	60
3.4.2 Изменения площадей классов растительного летнего сезона наблюдений в районе города Ош и их тенденции	62
3.4.3 Изменения площадей вегетационных индексов на ключевых участках наблюдений.....	64
3.5 Данные ботанических исследований, полученные в ходе полевых выездов на ключевые участки	72
Заключение	77
Список литературы	80

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ETM – улучшенная тематическая картография

MSAVI – модифицированный индекс растительности с коррекцией по почве

MSS – мультиспектральная система сканеров

NDVI – нормализованный вегетационный индекс

NIR – ближний инфракрасный канал

SAVI – индекс растительности с коррекцией по почве

SCP – самоклассифицирующийся автоматический плагин

TM – тематическая картография

ГИС – геоинформационная система

ДДЗ – данные дистанционного зондирования

ИК – инфракрасный канал

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в связи с хозяйственной деятельностью человека, ростом селитебных зон и изменением климата растет актуальность изучения антропогенного воздействия на растительные сообщества [23].

Ошская область служит индикатором трансформаций, происходящих на планете из-за различных изменений, обусловленных в том числе и деятельностью человека. Это один из наиболее уязвимых регионов мира, так как местные сообщества неустойчивы к воздействиям и меняются крайне быстро [119].

Проблемы устойчивого развития долинных, предгорных и горных районов приобретают все большую значимость в условиях возросшей глобализации мирового пространства. Последствия изменений живой среды на данных территориях способны коренным образом повлиять на жизнедеятельность человека и всего живого в этих местностях [107].

Для Кыргызской республики и соседних стран город Ош и его окрестности становятся территорией повышенного международного внимания, как регион необходимого усиления природоохранной деятельности, развития бережного природопользования. Уникальность и разнообразие природных ресурсов региона, открывает перспективы для развития цифровых технологий в их изучении, которые также становятся важной отраслью региональной экономики [111].

Согласно закону Кыргызской Республики “О животном мире” от 17 июня 1999 года № 59 и закону «Об использовании и защите растительного мира» от 20 июня 2001 года № 53, государственный орган охраны окружающей среды обязуется готовить и регулярно обновлять полную инвентаризацию дикой природы, включая растительные сообщества. Однако, полная инвентаризация в Кыргызстане не проводилась [104].

Разработка и создание исследования по данной тематике позволит оказать содействие поэтапному созданию национальной инфраструктуры пространственных данных по концепции цифровой трансформации "Цифровой Кыргызстан 2019–2023", одобренной решением Совета безопасности Кыргызской Республики от 14 декабря 2018 года № 2. Особо следует подчеркнуть, что по данному направлению не проводилось ни одной работы на выбранных участках. Все вышесказанное подчеркивают актуальность и новизну выбранной темы исследования.

Цель исследования: анализ динамики растительных сообществ окрестностей города Ош, Ошской области, Кыргызской Республики методами геоинформационного картографирования.

Для достижения цели были поставлены и последовательно решены следующие задачи:

- Изучить современные представления об исследовании динамики растительности с помощью геоинформационных технологий на глобальном и региональном уровнях.
- Рассмотреть мировой опыт изучения динамики растительности в Кыргызстане.
- Рассмотреть особенности и характеристики растительного покрова на полевых выездах на ключевых участках территории.
- Проанализировать изменения флористического покрова на космических снимках за период с 1992 по 2022 года, используя современные геоинформационные системы, и создать серию тематических карт на их основе.
- Охарактеризовать динамику растительных сообществ на исследуемой территории и показать их взаимосвязь с различными видами человеческой деятельности или иными факторами.

Регионом исследования выбраны окрестности города Ош, Ошская область, Кыргызской Республики, который находится на юго–востоке Ферганской долины в пределах горной системы Памиро–Алая и относится к степной зоне субтропического пояса с континентальным климатом с хорошо выраженной высотной поясностью.

Объектом исследования являются растительные сообщества Ошской области.

Предметом исследования являются многолетняя динамика развития фитоценозов и влияние на них деятельности человека и других факторов.

Новизна работы заключается в следующем:

- созданы тематические карты растительного покрова и вегетационных индексов для районов наблюдений;
- сформированы ботанические описания растительного покрова;
- апробированы инструменты геоинформационного картографирования (модифицированный вегетационный индекс с поправкой на почву, инструменты классификации и переклассификации растра по табличным значениям, калькуляторы растров для вычета вегетационных индексов, алгоритм Change Detection) на ключевых участках исследуемой территории;
- выявлены причины деградации растительных сообществ на исследуемой территории.

Материалом для анализа изменения флористического покрова на исследуемой территории в данной работе послужили космические снимки из открытой базы данных сайта геологической службы США за период с 1992 по 2022 годы, материалы архивов Ошской областной библиотеки и научной библиотеки ТГУ. Сбор материалов для написания

выпускной квалификационной работы магистра проводился в процессе производственной и преддипломной практики с соблюдением безопасных условий труда и учетом гигиенических факторов, обеспечивающих высокий уровень физической и умственной работоспособности.

При обработке данных и анализе результатов исследования были использованы следующие методы: исторический, сравнительно–географический, методы полевых исследований, методы дистанционных исследований, геоинформационного картографирования, математической статистики

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В окрестностях города Ош происходит сокращение площадей, занимаемых густой растительностью (леса, редколесья, кустарники).
2. В последние десятилетия происходит увеличение доли ксерофитных видов, что может свидетельствовать о деградации фитоценозов на исследуемой территории.
3. Хозяйственная деятельность и рост селитебных зон оказывают существенное влияние на растительный покров в районе города Ош, Ошской области.

Практическая значимость работы состоит в том, что данные о динамике и изменчивости растительности представляют ценность для многих отраслей народного хозяйства, а также для прогнозирования устойчивого развития территорий. Совмещение данных дистанционного зондирования с полевыми выездами позволило верифицировать результаты расчетов в ГИС. Проведение тренд–анализа разновременных данных, поможет составлять статистические прогнозы, которые можно использовать при моделировании «сценариев» развития для оценки степени риска и при разработке оптимальной стратегии в целом ряде вопросов, связанных с человеком и окружающей его средой. Методику и результаты исследования возможно использовать в качестве учебного материала для проведения педагогической деятельности. Данные картографирования и полевых выездов полученные в результате исследования возможно предоставить органам местного самоуправления для проведения экологических изысканий и природоохранных мероприятий. По материалам исследования подготовлены и опубликованы 2 статьи: «Анализ изменений растительных сообществ на территории окрестностей города Ош (Ошская область Республики Кыргызстан) на основе дистанционного зондирования с использованием спектральных индексов» [57], «Analysis of changes in plant communities in the surroundings of Osh city (Osh region, Kyrgyz Republic) based on remote sensing usingspectral indices» [58].

1. ОШСКАЯ ОБЛАСТЬ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ БОТАНИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

1.1 Географическое положение

Ошская область (Рисунок 5), занимает регион от Курамино – Чаткальской зоны (на западе и северо–западе) до Алай–Туркестанской зоны (на юго–востоке и юго–западе), сложена она, главным образом, аллювиальными, пролювиальными, деллювиальными отложениями. Общая площадь района – 28500 км².



Рисунок 1 – Карта Ошской области из сервиса Google Earth [89]

По геоморфологической структуре Ошская область состоит из крупных массивов; пролювиально–аллювиальных предгорных и межгорных равнин, а также адырных комплексов. Ее территория постепенно повышается с запада на восток. Так, например, Ходжент имеет абсолютную высоту 320 м. над уровнем моря, в Андижан – 496 м., Кампырават – 810 м. и г. Ош – 1013 м. над уровнем моря [5].

Ферганская котловина, как тектоническая впадина, сформирована в палеозое. В середине мезозоя она была заливом моря Тетиса. В конце палеогена в связи с тектоническим поднятием вода отступила от Ферганского залива. В начале неогена произошёл альпийский орогенез эпейрогенные движения обусловили образование окружающих впадин горных хребтов. Четвертичная тектоника в ландшафтах также

оставила следы в виде морен. Во время интенсивных поднятий откладывались легкие по механическому составу материалы, а в период затухания – более тяжелые [11].

Указанные преобразования существенно повлияли на почвенно–экологические условия региона. Так, под влиянием деятельности человека изменились генетические горизонты почв, их физические, химические биологические свойства, глубина залегания и минерализация грунтовых вод, степень засоленности почвогрунтов и т.д. [9].

Интенсификация сельского хозяйства площадей орошаемых почв, расширение за счет сокращения целинных площади древесных, пространств деградацию кустарниковых, полукустарниковых и травянисто–естественных земель привели к уменьшению растительности [22].

Узген–Куршабская впадина расположена в предгорьях юго–западного склона Ферганского хребта и представляет собой замкнутую внутри горную впадину. Три крупные реки Куршаб, Кара–Дарья и Яссы – образуют здесь толщи аллювиальных осадков с водно–аккумулятивными и эрозионными формами рельефа. Впадина вытянута в широтном направлении (длина 20–25 км, ширина – до 15 км); отметки ее поверхности лежат в пределах 900–1100 м [2].

В рельефе впадины (Рисунок 2) широко выступают аллювиальные террасы. Наибольшие площади, особенно в долинах Яссы и Кара–Дарьи, занимают II и III террасы, нередко сильно заболоченные. Рельеф окружающих адыров увалисто–долинный [18].

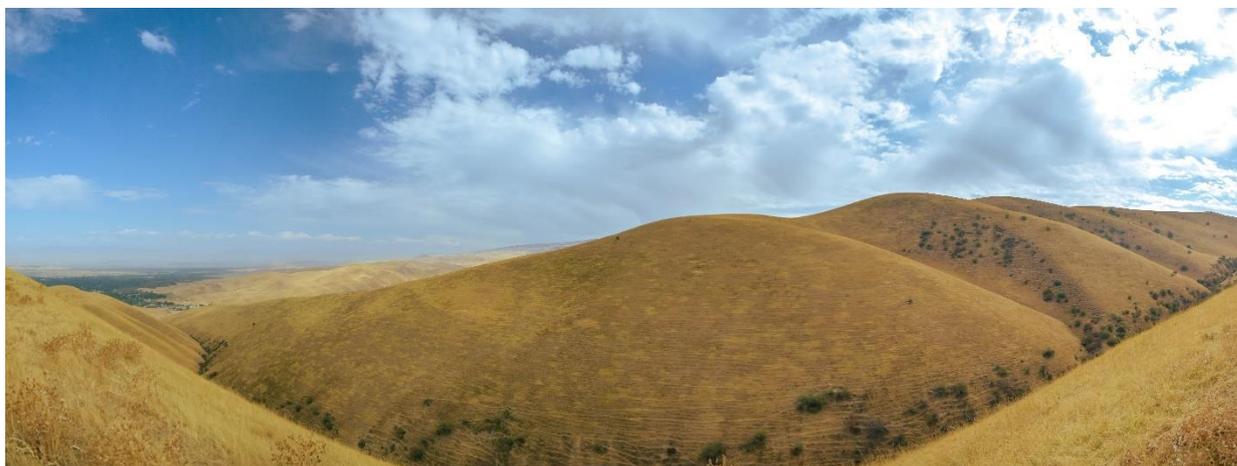


Рисунок 2 – Холмы Узген–Куршабской впадины. Фото автора

Интересны в районе мезозойские породы, сложенные толщей чередующихся песчаников, конгломератов глин и глинистых сланцев с прослоями угля. Третичные отложения в обрамлении впадины выражены загипсованными песчанистыми глинами, иногда с тонкими прослоями мелкогалечниковых конгломератов. Они образуют полосу адыров. Больше половины всей площади впадины занято аллювиально–пролювиальными отложениями. В их составе преобладает менее отсортированный материал, представленный

галечниками и валунно–галечниками с большим количеством песка и гравия. С поверхности галечники перекрыты слоем суглинков мощностью от 2 до 5 м [66].

Ош–Кара–Суйский оазис лежит на юго–востоке Ферганской межгорной впадины. Основными водными артериями, орошающими его, являются реки Ак–Бура и Талдык Сай. Оазис окружен небольшими хребтами Орто–Тоо (1184 м), Кардол–Тоо (1115 м), Чиль–Майрам (1543 м), Сулейман (1176 м), представляющими низкие предгорья. Рельеф оазиса обширный конус р. Ак–Буры, слившийся с конусом выноса р. Талдык и переходящий в подгорную периферическую равнину [8].

На территории впадины выделяются: а) равнины с уклонами от 1 до 3°, образованные конусами выноса горных рек и делювиально–пролювиальными шлейфами; б) пологонаклонные равнины с уклонами от 1 до 2°, приуроченные к нижним периферическим частям конусов выноса горных рек; в) увалисто–волнистый рельеф адыров, свойственный гряде Яман–Адыр. Глубина расчленения достигает 20–30 м. Рельеф выработан в нижнечетвертичных конгломератах, несущих на себе покров лёссовидных суглинков; г) с юга Иски–Наукатская впадина оконтурена горными сооружениями палеозойских пород. Рельеф среднегорный с глубиной расчленения 400–600 м. [10].

В тектоническом отношении Ош–Кара–Суйский оазис является синклинальным прогибом в адырной свите, представляющий собой молодую тектоническую пологоскладчатую структуру. С запада к Ош–Кара–Суйскому оазису примыкает второй синклинальный прогиб Япалакская впадина, куда приуроченно мощное накопление четвертичных осадков [7].

Палеозойские породы, слагающие «Ошские горки», имеют северо–западное простирание. Хребты Чиль–Устун и Чиль Майрам имеют сходное строение в виде моноклиналиных складок с юго–западным падением. Область «Ошских горок» представляется в целом как крыло складки, падающее к юго–западу и осложненное северо–западными разломами. Геологический разрез среднепалеозойских пород свидетельствует о том, что эта область испытывала длительное опускание, чем она и отличается от смежных частей [16].

Поверхность конуса слабоволнистая не направлением общего уклона к северу и северо–западу, сложена аллювиально пролювиальными и пролювиальными отложениями. На юге ее выделяется пологоувалистый и увалисто–долинный адырный типы рельефа [45].

Конус выноса реки Араван вместе с Ош–Кара–Суйским оазисом входит в пределы так называемой малой Ферганской впадины, отделенной от собственно котловины полосой Андижанских адыров. Река Араван при выходе из полосы предгорий образует обширный конус выноса со слабовыраженным уклоном поверхности, представляющим собой

пологонаклонную слаборасчлененную равнину. Структурная основа района связана с Ош–Кара–Суйской синклиналью. На востоке района выступают «Ошские горки», на юго–западе – горы Кара–Чатыр. Земли в пределах района орошаемы и заняты в основном под хлопчатник. Туя–Моюнская степь занимает юго–восточную окраину Малой Ферганской котловины и оконтуривается на северо–западе полосой Андижанских адыров (600–800 м), на Востоке и юге – горами Кара–Чатыр (1600 м над ур. м.) [13].

Для адыров, примыкающих к Ош–Кара–Суйскому оазису, характерно расчленение сравнительно густой сетью глубоких (до 100 м) оврагов (Рисунок 3). Встречаются и саи меридионального направления с задернованными склонами. Абсолютные высотные отметки полосы распространения адыров от 900 до 1400 м.



Рисунок 3 – Каньон Данги в пригороде города Оша. Фото автора

Поверхность Туя–Моюнской степи на северо–востоке сливается с конусом выноса реки Араван, где абсолютные отметки достигают 560 м. Район представляет собой наклонную слаборасчлененную равнину, сложенную отложениями конуса выноса реки Джингил–Сай (Абшир–Сай). Здесь отсутствуют постоянные, поверхностные водотоки и оросительная сеть развита очень слабо. Адыры междуречья Ак–Буура–Араван (Рисунок 4) имеют значительный почвенный покров. Пологосклонные широкие межадырные лога и долины с плодородными почвами пригодны для самотечного орошения. Здесь резко обособлены высокие адыры с увалисто–долинным расчленением и низкие адыры шлейфового типа. [2].

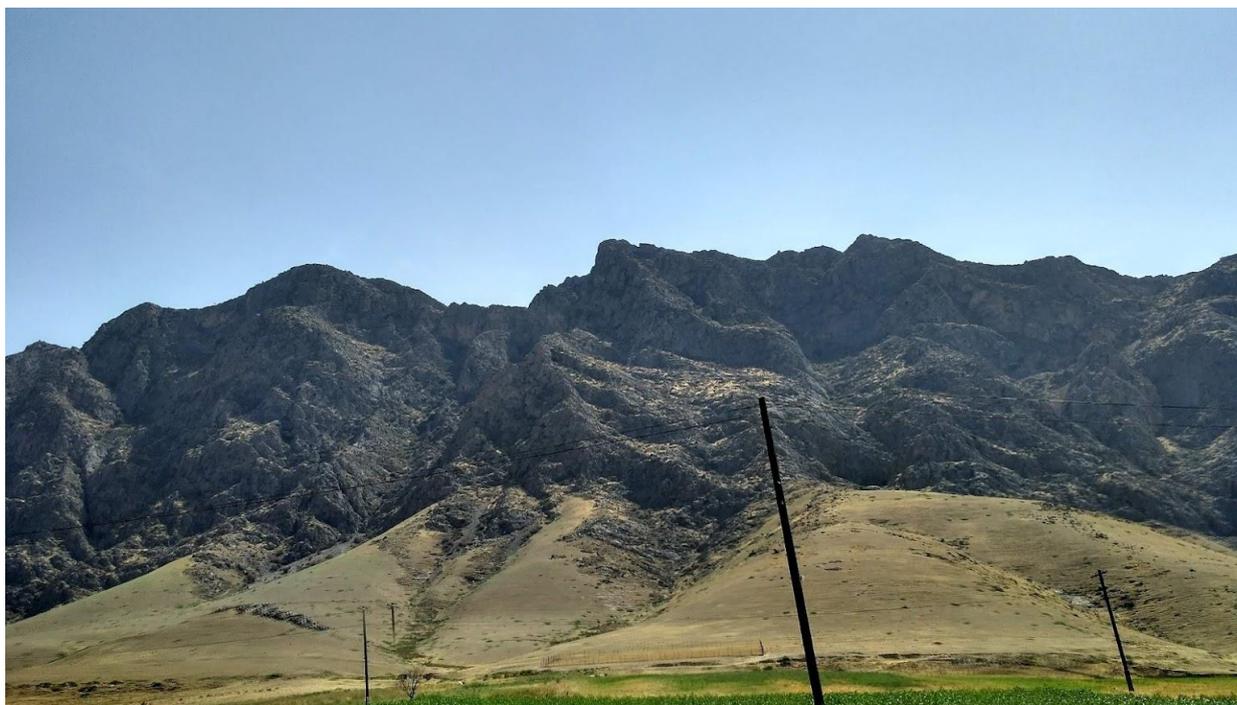


Рисунок 4 – Хребет Кара–Чатыр Араванского района. Фото автора

Иски–Наукатская впадина (Рисунок 5) расположена в предгорьях северного склона Кичик–Алая (отрог Алайского хребта) на высотах 1200–1600 м над ур. м. Территория впадины сравнительно густо, населена. Впадина замкнутая и вытянута в широтном направлении. Длина ее около 30 км, ширина – до 6–7 км. Поверхность впадины представляет собой слегка волнистую равнину с уклоном к северо–востоку. Впадина разделена на две части возвышенность Яман–Адыр. Северо–западную конус выноса Ручиле, Юго–восточная часть впадины заполнена конусами выноса рек Киргиз–Ата, Шан–Кёл, Хошчан и имеет уклон к западу и северо–западу. К главным горным рекам в районе относятся: Чиле, Чачме, Киргиз–Ата, Шан–Кёл, Кара–Кол, берущие свое начало в приводораздельной части хребта Кичик–Алай и имеющие снежно–ледниковое питание. Расходы их колеблются от 0,25 до 11,39 м³/сек [26].



Рисунок 5 – Иски–Наукатская впадина. Фото автора

1.2 Характеристика растительного покрова

В соответствии с разнообразными природными условиями территории, историей формирования, растительный покров на ней исключительно разнообразен и своеобразен. На основании обширных оригинальных материалов представляется возможным дать состав основных типов растительности, произрастающих на территории окрестностей города Ош, Ошской области.

Весенняя или "эфемерово–эфемероидная" растительность. Её ботанический состав насчитывает в области около 20 видов. Широко распространены: луковичный живородящий, столбиковая и узколистовидная осоки, гусиные луки, рэмерия гнутая, мак павлиний, малькольмии африканская и туркестанская, однолетние костры, ячменец–лентоостник и другие весенники [34].

Пустынная растительность. Среди растительности пустынь Киргизии наиболее распространены: сведа вздутоплодная, симпегма, поташники каспийский и олиственный, сарсазан, анабазисы, солянки, в частности солянка почечконосная, терескен, изень, эбелек, галогетон скученный, кок–пек, камфоросма, сибирская петросимония, реамюрия джунгарская и кашгарская, солнццвет джунгарский, кермеки, парнолистник Розова, караганы, в частности карагана киргизская, гармала или адраспан, эфедра хвоцевая, полыни: тяньшанская, бедельская, красноцветковая, сосюреи, астрагалы, ковылки, птиля гростисы и чии [18].

Растительность опустыненных, глинистых, песчаниковых и мергелистых пестроцветных и каменисто–скалистых обнажений характеризуются исключительным разнообразием гидротермических и почвенно–грунтовых условий, а отсюда и разнообразие растительности, среди которой наиболее часто встречаются, а местами даже и преобладают: солянки, симпегма, сведа вздутоплодная, поташники каспийский и олиственный, сарсазан биюргун или анабазис, галогетоны–скученный и паутинистый, нанофитон, гиргенсонии, терескен, изень или кохия распростертая, кок–пек, эбелек, спайноцветник или гамантус, ковылки: кавказский и галечный, чий, ковыли, реамюрии: джунгарская, кашгарская и туркестанская, гия, солнццвет джунгарский, ломонос джунгарский, гармала или ад отостераспан, колючелистники, акантолимоны, вьюнки: колючий, кустарниковый и Краузе, трагаканты, трагакантовые астрагалы и каперцы, парнолистники, полыни: Ферганская, тяньшанская, пустынные эспарцеты, нолюбивая, перовския, караганы, кузинии, кермеки, эфедра, луки, прангос, ферулы, волоснецы, а местами обильны эфемеры и эфемероиды [48].

Полупустыни или пустынные степи. Под именем полупустынь или пустынных степей мы понимаем такие геоботанические образования, в которых господствуют полыни,

типа приморской, в частности: Ферганская, Тяньшанская, Леманова, поздняя, пустыннолюбивая и, ковылки кавказский и галечный, ковыли, например, восточный, птилягросис пурпурный, такие сухие солянковые, как терескен, изень или кохия распростертая, эбелек, клейстогены, иссык–кульский брахантемум, кроссостефиум туркестанский. В южной Киргизии по предгорным полынно–эфемеровым полупустыням также редко разбросаны фисташка (Рисунок 6) и миндаль [29].

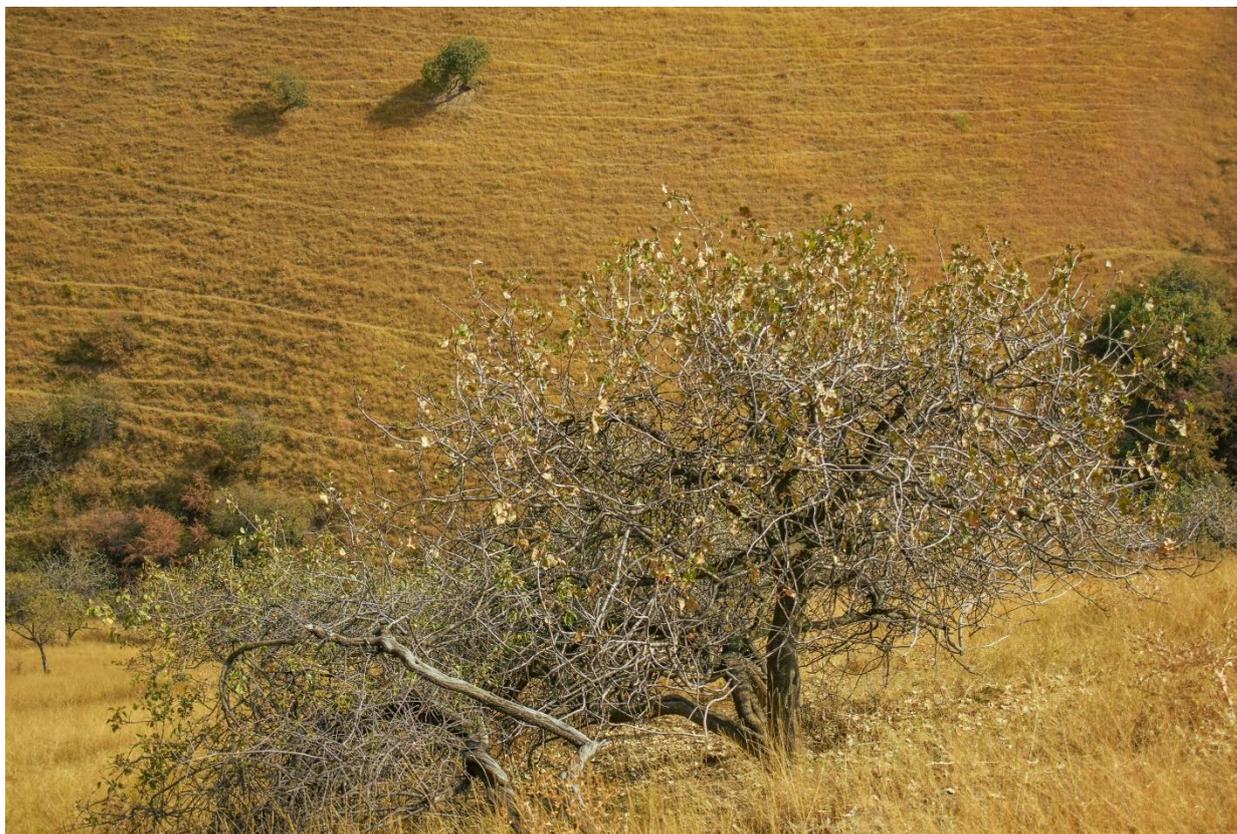


Рисунок 6 – Фисташка настоящая на ключевом участке Тулейкен (фото автора)

Степи характеризуются широким распространением, разнообразием и большой самобытностью. Степи области с господством или обилием таких растений, как пырей волосоносный, бородач кровеостанавливающий, сарындыз или кодоноцефалюм, прангос или аю–чач, ферулы или шаиры, вьюнки: ложнокантабрийский и почти волосистый, флёмис иволистный, эремурусы: тяньшанский, согдийский, Ольги и других, псоралея, софора толстоплодная и других представители караганового чия, полыней типа приморской: поздней, тонкорассеченной, типчака бороздчатого и голоостных ковылей: волосатика, сарептского, маргеланского, распространенных по предгорьям Западного и Северного Тянь–Шаня. В Восточном Алае, в бассейне рек Тар, Гульча и Ак–Бура встречаются полынные степи с персидской полынью [35].

Участками встречаются степи с ароматическим разнотравьем, в которых преобладают и нередко формируют заросли: кокомерен или зизинфора, чабрецы или тимьяны, змееголовники. В высокогорьях встречаются степи с типчаковой и типчаково–

ковыльной геоботанической основой, по которой местами относительно обильны трагаканты, трагакантовые астрагалы, трагакантовый эспарцет, акантолимоны, колючие скорцонеры и кузинии [39].

В субальпийском и альпийском поясах гор распространены мелкодерновидные злаковые и злаково–разнотравные степи с господством или обилием типчаков: бороздчатого, Крылова и поднебесного; ковылей: Крылова, киргизского, волосовидного точного; овсецов: пустынного, тянь–шанского, азиатского и Шелля; туркестанского ячменя или таргыла, волоснеца и воспушистоколосого, птилягростисов сидяцветкового и пурпурного, ковылков кавказского и галечного, полыней: тяньшанской, леманновой и красноцветковой, эдельвейсов, володушки, остролодочников, лапчаток и других [40].

Под именем алтыганы описываются заросли караган, в которых по–районно преобладают караганы: оранжевая многолистная, киргизская, светлозеленая, турфанская, белокорая и других. В травянистом покрове обычны представители горных и высокогорных степей. Алтыганы формируются по мягким скелетным и щебневато–каменистым степным склонам, покатосям и вершинам предгорий, а равно и по склонам гор примерно до высоты трех тысяч метров над уровнем моря [47].

Лугостепи в изучаемой области характеризуются также широким распространением и большим разнообразием. В границах прекрасно выражены, такие их типы и различия как: Южные лугостепи с волосоносным пыреем, сарындызом, госами, ферулами, безостым и мелкочешуйчатым кострами, тимофеевкой степной, мятликами типа лугового, горно–степным разнотравьем. Местами в значительных количествах примешиваются: бородач кровеостанавливающий, луковичный ячмень, эрингиум крупно–чашечковый, подмаренник настоящий и почти повсюду обильен эстрагона. Такие лугостепи распространены по Туркестанскому, Алайскому, Ферганскому хребтам [45].

Южные лугостепи с господством луковичного ячменя с осокой черноколосой распространены в горной восточной и северной части области. Южные высокотравно–разнотравные лугостепи из льна разнолепестного, ромашника или пиретрума, ворсянки лазурной, скабиозы джунгарской, эрингиума крупно–чашечкового, господством алцеи голостебельной. Описываемые лугостепи встречаются в пределах Ферганского хребта [29].

В субальпийском и альпийском поясах Алайских гор распространены высокотравные разнотравно–злаковые лугостепи с типчаком, ковылями (ковылем киргизским), овсецами, остролодочниками, астрагалами, кобрезиями, лапчатками, ясколками, эдельвейсом и другим высокогорным разнотравьем. По предгорным и горным высокотравным лугостепям обычны кустарники: таволга, шиповники, вишня. Получаются закустаренные лугостепи, площади которых довольно обширны [50].

Луга в области представлены лугами атмосферного и грунтово–атмосферного увлажнения. Луга атмосферного увлажнения формируются по северным и близким к ним склонам гор. В ботаническом отношении они представлены: горными высокотравными злако–разнотравными, субальпийскими среднетравными и альпийскими низкотравными и разнотравно–кобрезиевыми лугами [41].

Горные высокотравные злаковые луга с обилием как ежа сборная, костер безостый, мятлики типа таких злаков, лугового, пырей ползучий, регнерия, коротконожка, полевица белая и других Горные высокотравные разнотравно–злаковые луга с обилием: лигулярий томсоновой и персидской, крестовника джунгарского, эстрагона, сосюреи иволистной, астры, вик, гераней типа луговой, клеверов, вероники длиннолистной, Котовника, душиц, манжетки, аконитов, живокости, а также: мятликов типа лугового, лисохвоста лугового, полевицы белой и других [32].

Горные высокотравные разнотравные луга с обилием тарана, широко представленные в восточной части Ошской области. Горные северные высокотравно–крупнотравные, разнотравно–злаковые луга с ежой сборной, лисохвостом луговым, двукисточником, регнериями, тараном, аконитами, борщевиком, медвежьей пучкой, пионами и других представителями. Горные южные высокотравно–крупнотравные разнотравно–злаковые луга с ежой сборной, костром безостым, тимофеевкой степной, местами с луковичным ячменем и ландшафтного значения прангосов и ферул. По горным высокотравным лугам местами обычны кустарники, в частности розарии, таким образом, имеют место закустаренные луга, которые встречаются повсюду и занимают довольно обширные площади [35].

Субальпийские среднетравные разнотравные луга представлены с по–районным обилием, а местами и господством: шемюры или флемиса горолюбивого, герани скальной и Ферганской анемоны, купальницы алтайской, ириса короткотрубкового, незабудок, лютиков, манжеток и других субальпийских видов [38].

На верхней границе растительности в Тянь–Шане и Алае формируются растительные образования, которые не могут быть отнесены ни к лугам, ни к степям, ни к лугостепям. Правильнее называть их пустошами. Тянь–Шане–Алайские высокогорные пустоши представлены растительными образованиями, в которых преобладают: кобрезин беломятлик Ольги, овсяница тяньшанская, вейник тяньшанский, а также Сосюреи, остролодочки, эдельвейсы, дриадоцвет, лютики, гегемоне, оксиграфис, каллиантемум и другие их представители [39].

На территории Алайской части юга области широко распространены заросли кустарников, особенно розарии, образуемые видами зарослей дикорастущих вишен:

тяньшанской, алайской, таволожники из зверобоелистной таволги, заросли хатын–янгака или вязолистного миндаля, аса–мусы или абелии. Местами обильны: жимолости, кизильники, барбарисы, смородины и экзохорда. По предгорьям и склонам гор широко распространена уже упоминавшаяся выше алтыгана, а по субальпийским лугам, лугостепям и степям значительными площадями–заросли тюё–куйрюка или гривистой караганы [12].

В субальпийском поясе гор формируется своеобразный тип растительности – можжевеловой или арчевый сланник, представленный насаждениями стелющегося можжевельника или арчи: туркестанской, сибирской, казацкой и ложноказацкой. Сланники формируются по субальпийским степям, лугостепям, лугам и каменисто–скалистым склонам и являются характерным показателем субальпийского пояса на описываемой территории. Для этого пояса характерны также отмеченные выше заросли тюё–куйрюка или гривистой караганы [14].

Значительные площади в республике заняты редколесьями, формируемыми несколькими видами древовидного можжевельника или по–другому называемого арчѐй, некоторыми лиственными породами, например: кленами, грецким орехом, яблоней, сливой, боярышником и елью Шренка [17].

Наибольшее распространение в области имеют можжевеловые или арчѐвые редколесья, представленные редкими насаждениями древовидного можжевельника или арчи: туркестанской (Рисунок 7), полушариной, таласской и зеравшанской [25].



Рисунок 7 – Можжевельник туркестанский на ключевом участке Тулейкен. Фото автора

Травянистый покров редколесий представлен разнообразными степями: типчаковыми, типчаково–полынными, южными и лугостепями. В лесостепях органически

сочетаются степные и лесные растительные формы. Местами по горным лугам встречаются арчевые редколесья, но больших площадей они не занимают. В горной Восточной части Ферганского хребта по высокотравным лугам значительные площади заняты редколесьями из лиственных пород: грецкого ореха, яблонь, слив и других [31].

Некоторые пространства заняты лесами из ели Шренка, к которой местами примешивается ель тяньшанская. Среди насаждений ели по полянам и опушкам еловых лесов обычны: шиповники, барбарис, жимолости, рябина, смородина, а в некоторых районах, формируется чрезвычайно своеобразный подлесок из зарослей гривистой караганы или тюё–куйрюк с саблевидными стволами, достигающими 1,5–2,0 метров высоты, или в смеси с можжевельником сланником [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Местами обилён арчевый стланик.

Травянистая растительность в изреженных еловых насаждениях и на полянах представлена крупнотравным разнотравьем: лигуляриями, крестовником, борщевиком, аконитами, геранями и злаками: ежой сборной, регнериями, кострами, коротко ножками, мятликами, а на границе с субальпийским поясом–субальпийцами, например: шемюром горолюбивым, альпийской купальницей, анемоной, незабудкой и даже кобрезией и высокогорными Осоками. Еловые леса на значительных площадях сосредоточены по хребтам Чаткальском и Ферганском хребтах и, наконец, в восточном Алае [54].

Большие пространства заняты также можжевельными или арчевыми лесами, образуемыми несколькими видами древовидного можжевельника или древовидной арчи, в частности: полушаровидной, туркестанской и таласской. Среди кустарников в арчевых лесах обычны шиповники и таволга. Травянистый покров лугостепной, с примесью субальпийцев на верхних границах. Арчевые леса с туркестанской и полушаровидной арчей распространены в Туркестанском, Алайском, в меньшей степени Ферганском и Чаткальском хребтах. Арчевники занимают водосборные бассейны горных рек [65].

Особый интерес представляют леса из грецкого ореха, с большой примесью яблонь, слив (алычи), кленов и местами некоторых других древесных пород. В подлеске, по опушкам и на лесных полянах, в зависимости от местообитания и типа орехового леса обычны: шиповники, жимолости, туркестанский и джунгарский боярышники, ма в частности, галевка, барбарис, слабительная крушина, кизильники, абелия, вязо листный миндаль, вишни и местами экзохорда [33].

Травянистая растительность в более или менее осветленных лесах и на лесных полянах представлена крупнотравным разнотравьем и злаками, (опять–таки в зависимости от местообитания и типа орехового леса): джунгарским крестовником лигулярней Томсона, тараном, золотой розгой, сарындызом, ферулами, прангосом, или аю–чацем, эремуру.

горной сом, высокорослыми луками, болиголовом, купырем, двукисточником, ежой сборной, коротконожкой лесной, регнериями, костром Бенекена, пыреем ползучим, мятликом, луковичным, ячменем, шафраном алатауским (Рисунок 8) и других. представителями. Описываемые леса распространены в основном в Восточной и Северной Фергане– по хребтам Ферганскому и Чаткальскому [20].



Рисунок 8 – Шафран алатауский на ключевом участке Тулейкен. Фото автора.

В горной Восточной и Северной Фергане, главным образом, по Ферганскому хребту встречаются значительные массивы кленовых лесов, образуемых туркестанским кленом, к которому примешиваются: алыча согдийская, полушаровидный и туркестанский можжевельник, туркестанский, джунгарский и алтайский боярышники, тяньшанская и туркестанская рябина, махалебка, крушина слабительная, а из кустарников обычны: шиповники, таволги, вязолистный миндаль. Травянистая растительность по своему составу близка к растительности ореховых лесов. В тех же горно–ферганских районах встречаются яблоневые рощи из яблони киргизов и Северсовой, рощицы алычи. Тянь–Шаню и Алаю встречаются также рощицы из ив и рябины [21].

Леса и именованные кустарники по поймам рек в Киргизии известны под токоем и называются еще жерганак. Пойменно–речные леса и кустарники обширных площадей не занимают, но встречаются повсюду. В ботаническом отношении токой" в основном представлены: тополевыми, тополево–ивовыми, ивовыми (таловыми) мелколесьями и березовыми или березово–ивово–тополевыми лесами, джерганакими или зарослями облепихи, чрезвычайно своеобразной мокрой алтыганой и зарослями мирикарии [15].

Перечисленными образованиями не исчерпывается, конечно, все разнообразие растительности токоев. В токоях, также участки лугов со злаками и осоками, нередки грубостебельные например, обычны вейниковые и волоснецовые луга, чии и др. образования. В общем травянистая растительность токоев чрезвычайно разнообразна и включает в себя представителей: степей, лугостепей, лугов, прибрежной растительности, болот, галечников, пустынь и полупустынь [28].

До широкого внедрения земледелия долины Киргизии почти полностью были заняты зарослями чия блестящего – “чийникам”. К настоящему времени большинство распаханно и лишь кое–где сохранились небольшие останцы [30].

По долинам и котловинам республики встречаются луга и лугостепи атмосферно–грунтового увлажнения, представленные пойменогечными лугами и сазно–сазоватыми лугами и лугостепями, а по вы соте над уровнем моря: лугами глубоких и жарких долин, лугами горных долин и высокогорными субальпийскими и альпийскими лугами. В растительном покрове лугов глубоких долин обычны, а места ми и обильны: овсяница восточная, пырей ползучий, полевица белая, вейник наземный, мятлик типа лугового, костер безостый, ячмень короткоостистый, ползучий, вздутоплодный и луговой клеверы и луговое разнотравье. Среди растительности лугов горных долин повсюду обилён короткоостистый ячмень и местами в значительных количествах встречаются: костер безостый, пырей ползучий, полевица белая, лисохвосты луговой и джунгарский, мятлики типа лугового, осоки, лигулярии; гладкий остролодочник, ползучий клевер, тмин, герань холмовая (Рисунок 9) и других представители разнотравья [24].



Рисунок 9 – Герань холмовая на территории ключевого участка Тулейкен. Фото автора.

Высокотравные субальпийско–альпийские луга формируют осоки, в частности черноцветковая осока; местами много кобрезии волосистовидной, мытника погремковидного и живородящей гречихи. При невысоком грунтовом увлажнении развиваются своеобразные лугостепи, в растительном покрове которых, как правило, обычны, а местами и обильны: пырей ползучий, вейник наземный, неплодущий тростник, костер безостый, атджирек, мятлики типа лугового, чии, полыни типа приморской, солодки, верблюжья колючка или жантак, люцерны типа серповидной, термопсис, кермеки, изень или кохия распростертая и других представители сазовато–солончаковатых мест [27].

В некоторых районах Киргизии, особенно в ее высокогорьях, в частности: на сыртах, в долинах рек Аксай и Арпа и, наконец, в Алайской долине широкое распространение и развитие имеют галечники [21].

Растительность галечников чрезвычайно пестрая и нередко весьма своеобразная; довольно часты эндемичные, т. е. свойственные только этим высокогорьям формы. Так, например, для высокогорных галечников Центрального Тянь–Шаня обычны: сетчатый ремень, красивый пирет Рум, снежный астрагал, пижма Григорьева, вальдгеймия; на галечниках Алайской долины обычны, например, такие виды как: прострел Костычева, полыни Кнорринг и Скорнякова. По галечникам горных долин встречаются мирикарии, караганы, эфедры, кокомерен, ковылок галечный, полыни типа приморской, шлемники, астрагалы [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Жизненные вертикальные пояса республики увенчиваются вверху: скалистыми гребнями хребтов, скалами, скалисто–каменистыми и Фирновыми полями, располагающимися на высотах свыше 3500 метров нато уровнем моря и занимающими площадь не менее 25% всей территории республики. Здесь обычны куртинки, пятна и кустики представителей альпийских степей, лугостепей и лугов. Вместе с тем имеются и специфические виды, например, дриадоцвет, тьякоспермум, гегемоне, калиантемум, оксиграфис, рихтерия, вальгеймия [36].

В озеленительно–декоративных насаждениях в пределах изучаемой территории преобладают тополи, ивы, дубы, липа, карагач, ясень, вяз, клены, чинар, айлант, катальпа, виргинский можжевельник, биота, туйя, береза, сосны, ели, тут, робиния (белая акация), софора японская, конский каштан, вавилонская ива, маклюра, тюльпанное дерево, гледичия, аморфа, жасмин, птелия, сирень, калины, сумах, гибискусы, снежные ягоды и многие другие виды деревьев и кустарников [43].

1.3 Изучение растительного покрова на территории Кыргызской республики

В постсоветском Кыргызстане, оценки изменения диапазона продуктивности растительных покровов колеблются от снижения на 1–34 % (вблизи населенных пунктов) до повышения на 5–22 % (в отдаленных горных пастбищах) [121].

Правительственные отчеты предполагают широко распространенное ненадлежащее управление пастбищами и пашнями и их последующую деградацию, в значительной степени эти отчеты лишены новых, точных недавних данных и, как таковые, подвергается критике за отражение предыдущих оценок [106].

Поскольку деградация земель на национальном и региональном уровнях масштаба недостаточно обоснованна, нет научного консенсуса о масштабах, серьезности и локализации этой проблемы, что привело к отсутствию единого мнения о тактике устойчивого управления пастбищами и пашнями. Кроме того, недостаточное финансирование фундаментальных экологических исследований на государственном уровне означает, что ландшафтные преобразования в постсоветское время плохо документированы. Этот пробел в знаниях представляет собой важную возможность использовать дистанционное зондирование для значительного улучшения научного понимания процессов развития растительных сообществ в Кыргызской Республике [125].

Плохое состояние сельскохозяйственной техники и ирригации после развала Советского Союза привело к снижению урожайности пастбищ, что может привести к

дефициту зимних кормов, обуславливая продолжительный выпас на пастбищах вблизи деревень, тем самым увеличивая нагрузки на растительные покровы [124].

Кроме того, разрушающаяся инфраструктура, вероятно, ограничивает отгонное животноводство, поскольку дороги и мосты, многие из которых в настоящее время находятся в аварийном состоянии, ограничивают пути пастухов для перемещения скота на более высокогорные летние пастбища и тем самым создают факторы дополнительной нагрузки на растительные покровы вблизи селитебных ландшафтов [90].

Потенциальная деградация растительного покрова может быть не только результатом выпаса скота, а какой-либо другой деятельности человека, такой как строительство дорог или добыча полезных ископаемых. В качестве альтернативы отдаются приоритеты других показателей состояния покровов, такие как видовой состав и направленность, сезонная продуктивность растительности, которая может сильно колебаться от из года в год [81].

Сложно аргументировать интерпретацию деградации ландшафта. Хотя результаты подтверждают аргументы о деградации пастбищ и угодий, требуется некоторая осторожность при их интерпретации. Закономерности снижения вегетационного индекса NDVI на пастбищах и пашнях вблизи сел, даже после учета климатических факторов не обязательно указывают на долгосрочное снижение продуктивности растительных покровов. Скорее, такие тенденции могли указывать на усиленное хозяйственное давление в виде перевыпаса скота. Таким образом, было бы преждевременно строить выводы относительно долгосрочного воздействия на продуктивность растительных сообществ. Сходным образом, тенденции увеличения площади растительных покровов не всегда свидетельствуют об улучшении условий динамики растительности. Кроме того, изменения в видовом составе фитоценозов, могут дать более высокие значения вегетационных индексов [87].

Анализ динамики продуктивности пастбищ в горах Кыргызстана и Таджикистана с использованием методов ГИС и дистанционного зондирования. Показал сезонную динамику пастбищных угодий в разные периоды с 2000 по 2015 года и их основные движущие факторы. В обоих странах, самая высокая нагрузка на пастбища была выявлена летом из-за высокого кормодобывания. Максимальное значение вегетационных индексов отмечено в относительно теплых и влажных условиях весеннего сезона наблюдений. Весной изменение тенденций показало, что в Кыргызстане постепенно уменьшался вегетационный индекс, в то время как в Таджикистане он демонстрировал тенденцию к небольшому увеличению с 2000 по 2015 года. Было предположено, что чрезмерный выпас

скота, вызванный деятельностью человека, наложился на изменение климата, влияющее на пропускную способность пастбищ [125].

Ситуация с чрезмерным выпасом была относительно острой и является одной из основных факторов деградации растительных сообществ. Если не предпринимать никаких действий, эта ситуация будет иметь серьезные последствия, особенно в связи с увеличением опустынивания. Результаты этого исследования благоприятны к применению в ведущих региональных механизмах управления животноводством и охраны окружающей среды. Поэтому, в исследовании рекомендуется создать критическую количественную характеристику домашнего скота. Влияющего на грузоподъемность и состояние перевыпаса, чтобы создать равновесие, увеличить пропускную способность пастбищ и регулировать поголовье скота домохозяйствами. Вышеизложенное может помочь в определении подходящей политики управления пастбищами и устойчивое развитие местных растительных экосистем [119].

Эрозия почвы в горных районах Кыргызстана является новой проблемой из-за потери растительности. Еще более проблема усугубляется горным рельефом и высоким значениям осадков в Ферганском хребте на юге Кыргызстана [121].

Эрозия почвы продемонстрировала сильную взаимосвязь с данными дистанционного зондирования и индексами местности, которые можно использовать в качестве вспомогательных данных при картографировании. Два участка исследований показали значительно различную эрозионную способность почвы, что связано с разницей в высоте [103].

В период с 1991 по 2013 год площадь густой растительности на территории Алайской долины, классифицированная по значениям NDVI, увеличилась на 20%, а растительный покров увеличился на 26%, на исследуемой территории, что свидетельствует о том, что за этот период была восстановлена часть деградированных пастбищных угодий. Это восстановление, скорее всего, является результатом снижения нагрузки на пастбища из-за значительного сокращения поголовья скота, выпасаемого в постсоветский период. В нескольких предыдущих исследованиях говорилось, что эта обширная территория стала восприимчивой к чрезмерному выпасу скота или уже пострадала от него в советское время. Разведение скота привело к чрезмерному выпасу и деградации земель в Советском Союзе уже в 1970-х и 1980-х годах, когда в восточной части Алайской долины паслось около 400 000 овец. Напротив, результаты опросов, проведенных в рамках текущего исследования, показывают, что в настоящее время на всей исследуемой территории пасется менее 10000 овец и коз. Это резкое сокращение поголовья скота, вероятно, способствовало восстановлению растительности [106].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Использование методов геоинформационного картографирования при изучении растительного покрова

При изучении растительных покровов исследуемой области необходимо составить целостную картину по разносторонним источникам.

Глобальные температуры за последнее столетие повысились примерно на 0,74 °С, а интенсивность осадков, как ожидается, уменьшится. Возможность таких изменений увеличивается особенно во влажных регионах. Уменьшение среднего количества осадков в средних широтах и засушливых районах способствуют засухе летом, что указывает на большой риск засухи и сокращения биоразнообразия в этих районах [77].

По прогнозам, засушливые районы будут теплее и суше, а влажные регионы станут теплее и влажнее. Кроме того, Центральная Азия расположена в срединно–континентальный регионе и содержит одну из крупнейших в мире засушливых областей. Количество осадков в этом регионе имеет тенденцию к небольшому уменьшению. с пространственно неоднородными изменениями [125].

Температура в Центральной Азии повышается быстро, особенно с середины 1990–х годов, и в настоящее время превышает в любой другой период зарегистрированной истории [105].

В этом регионе растительным экосистемам обычно не хватает биоразнообразия и стабильности, и в последние десятилетия они были подвержены высокой климатической изменчивости [100].

Растительность в засушливых районах экологически полезна, не только поддерживает домашних и диких животных, но и выполняет важные экологические функции, такие как предотвращение опустынивания почвы [76].

Таким образом, влияние изменения климата на растительность засушливых земель становится предметом разносторонних исследований. Помимо изменения климата, ключевым фактором, влияющим на рост растительности, является деятельность человека. После распада Советского Союза в 1991 году политика использования земель и модель экономического развития в Центральной Азии были изменены в столь разной степени, что привело к крупномасштабным изменениям. Основопологающие причины это сельско–городские миграции, широкомасштабная частная собственность земельных участков и модель экономического развития, трансформировавшаяся из плановой экономики в рыночную. Модель управления сельским хозяйством и животноводством также перешла от государственного и коллективного хозяйства к частному и свободному рыночному хозяйству, что неизбежно повлияло на рост и развитие растительности [93].

Таким образом, в более широком контексте устойчивого развития, глубокое понимание динамики растительности после распада Советского Союза имеет жизненно важное значение для планирования стратегии адаптации к климатическим колебаниям [118].

Однако, несмотря на произошедшие большие социальные и экономические изменения, изучением различных механизмов, которые вызывают изменения растительности в ответ на климатические изменения в Центральной Азии уделялось мало внимания, даже на государственном уровне [105].

Выявление и оценка деградации растительности на горных территориях представляет большой интерес, учитывая растущее число сообщений о деградации, а также важность пастбищ и сельскохозяйственных угодий, как источника средств к существованию для многих горных сообществ по всему миру. Благодаря своей синоптической перспективе дистанционное зондирование является привлекательным инструментом для быстрой оценки и диагностики распространенности и статуса деградации растительности [92].

Хотя относительно просто оценить степень деградации, ведущей к изменению растительного покрова с помощью дистанционного зондирования, сложнее изучить изменения в составе растительности [115].

Анализ временных и пространственных изменений NDVI над Центральной Азией с 1984 по 2013 года, где различали влияние климатических факторов и деятельности человека на пространственное распределение и динамику растительности на основе набора данных усовершенствованного радиометра сверхвысокого разрешения показали, что Центральная Азия испытала уменьшение количества осадков и повышение температуры в большинстве регионов. Это исследование определило, что пиксели с выраженной деградацией растительности располагались на участках кустарников и скудной растительности больше, чем в тех, которые соответствуют лесам, лугам и сельскохозяйственным культурам. Однако, при исследовании выявлена значительная тенденция к увеличению растительных покровов на восточной части Центральной Азии, тогда как тенденция значительного снижения индексов и опустынивания была обнаружена в западной части Средней Азии [115].

Изменения растительности в Центральной Азии варьировались в зависимости от региона и были вызваны разными факторами. Средний NDVI показывает более сильную связь с осадками, чем с температурой, подтверждая, что осадки являются доминирующим фактором, влияющим на динамику растительности в Казахском Мелкосопочнике, северным Каракумам и северном Казахстане. Повышенная температура может

способствовать росту листьев весной и задержке листопада в Западном Тянь–Шане и бассейне Аральского моря. Однако повышенная температура летом, как правило, приводила к увеличению испарения, что сильно ограничивало рост растительности, особенно для кустарников и скудной растительности в пустыне Кызылкум и на севере Плато Устюрт [102].

Засуха является основным фактором, влияющим на деградацию растительности пустыни Кызылкум и северной части плато Устюрт из–за сочетания действий повышенной температуры и понижения уровня атмосферных осадков. Остаточный анализ показал, что кустарники и разреженная растительность в южной части пустыни Каракумы, на юге плато Устюрт, в заболоченной дельте Большого Аральского моря подверглись деградации, что уже вызванна деятельностью человека [95].

Добыча нефти и газа в южной части пустыни Каракумы и плато Устюрт спровоцировали деградацию кустарников и скудной растительности в этих районах. Средний приток рек из Амударьи в Большое Аральское море уменьшился из–за увеличение посевных площадей хлопчатника в Туркменистане. Это уменьшение притока было доминирующим фактором деградации растительности на водно–болотных угодьях дельты Большого Аральского моря в последние десятилетия. Когда отказ от пастбищ после распада Советского Союза напротив, привел к улучшению растительности в восточном Казахстане, Кыргызстане и Таджикистане [94].

Во время полевых исследований 2008–2015 года в Западном Тянь–Шане в течение вегетационного периода, для составления объективной картины о деградации растительности проходило исследование для проверки классификации деградации растительности на основе сводных данных NDVI для выбранных нормальных и засушливых лет. Многие заброшенные пахотные земли превратились в пастбища в северном Казахстане, что привело к уменьшению индексов растительности [100].

На территории западного Тянь–Шаня во время полевых выездов в 2016 году были извлечены особенности растительности и сопоставлены со спектрами вегетационного индекса NDVI для классификации изображений дистанционного зондирования. Были обнаружена значительная разница в структуре состава растительности среди классов деградации для всех экозон. Качественные изменения растительного покрова были вызваны сменой преобладающих видов трав и кустарников с различной отражательной способностью, результаты свидетельствуют о том, что, за исключением альпийской зоны, территории с деградированной растительностью, отличались от недеградированных более высоким NDVI на каждой фазе фенологии [100].

Поскольку деградация растительности и изменение его биоразнообразия в странах Центральной Азии приводит к более раннему озеленению и более позднему старению, ввиду особенностей представителей фитоценозов, то наблюдаемое удлинение вегетационного периода с точки зрения данных NDVI и сдвиги в видовом составе также могут быть признаками климатических изменений [105].

Таким образом, особенно в регионах с недостатком данных, сочетание местных данных в связке ДДЗ имеет большой неиспользованный потенциал для оценки деградации ландшафта. Эта новая комбинация потенциально может способствовать более надежной оценке вопросов оптимального природопользования [124].

Геонформационные методы исследования растительных покровов могут использоваться в большинстве стран Центральной Азии, где разногласия по поводу характера и степени деградации пастбищ и сельскохозяйственных угодий могут значительно выиграть от надежной информации из нескольких источников данных дистанционного зондирования. Использование описанных ранее методов свидетельствуют о том, что деградация растительности поблизости от селитебных земель остается значительным вызовом для сообществ после окончания советской эпохи [114].

2.2 Данные дистанционного зондирования, используемые в исследовании

Основным материалом для проведения исследования послужили космические снимки спутниковой программы “Landsat ”, спутников “Landsat 5” (Рисунок 10), “Landsat 7”, “Landsat 8”, “Landsat 9” с пространственным разрешением в 30 м, со спектральными полосами шириной 0,63–0,69 мкм (красный) и 0,78–0,90 мкм (ближний ИК).

Параметрами для снимков являлись: сезоны наблюдений подходящие по вегетационному циклу начала сезона конец апреля – начало мая и конец сезона вегетации конец августа – начало сентября, облачность менее 10%.

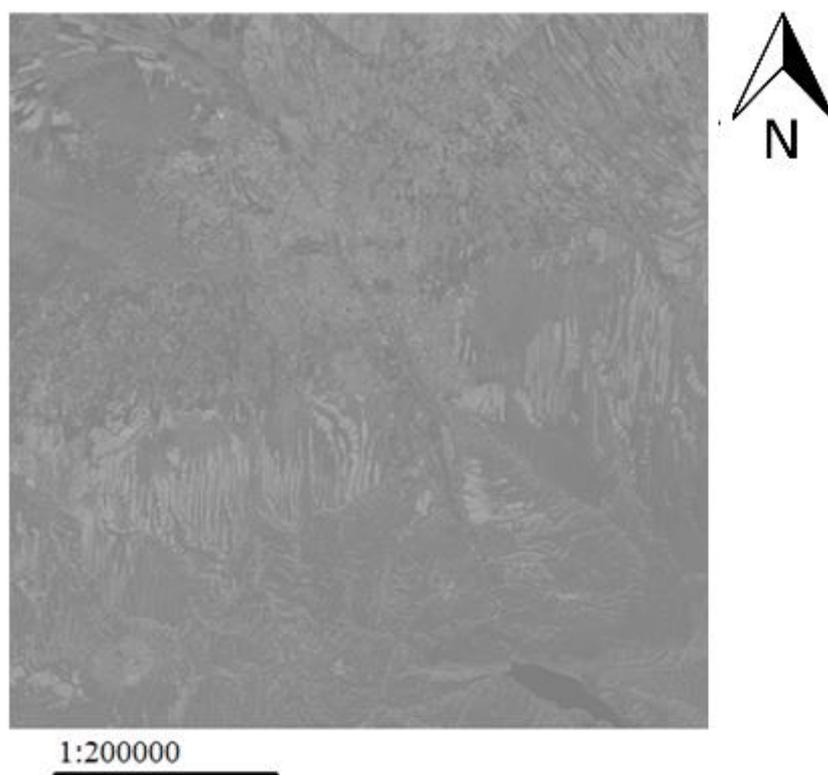


Рисунок 10 – Космический снимок территории исследования в ближнем инфракрасном диапазоне спутниковой системы Landsat 5

Геологическая служба США, созданная актом Конгресса в 1879 году, предоставляет научные данные для образовательных целей, которая возможно загрузить с портала под различные потребности исследования. Космические снимки района исследования были загружены с данного портала за 30 лет наблюдений, в период с 1992 по 2022 годы [72].

Американская программа Landsat является одной из наиболее успешных на мировом рынке данных ДЗЗ, с 1972 года в рамках программы было успешно запущено шесть спутников [86].

Спутники Landsat 3–5 были оснащены двумя типами сканеров, обеспечивающими съемку земной поверхности с различным пространственным и спектральным разрешением – MSS (Мультиспектральный сканер) и ТМ (Тематическая картография). Данные MSS (пространственное разрешение 80 м), доступны с 1972 года, данные ТМ (пространственное разрешение 30 м в видимых, ближней и средних инфракрасных зонах, 120 м в тепловом диапазоне) – с 1982 года [80].

Спутник Landsat 7 находится на орбите с 15 апреля 1999 года. Установленный на спутнике радиометр ETM+ является усовершенствованным вариантом сканеров ТМ. Основным существенным отличием прибора является наличие канала высокого разрешения (15 м). В настоящее время, в связи с выходом из строя одного из элементов,

радиометр ETM+ работает некорректно, сбои в работе аппаратуры привели к снижению качества данных [87].

Спутник Landsat 8 запущенный в 2013 году получает изображения в видимом диапазоне волн, в ближнем ИК и в дальнем ИК, с разрешением снимков от 15 до 100 метров на точку. Производится съемка суши и полярных регионов. В сутки снимается порядка 400 сцен (у предыдущего Landsat-7 было всего 250 сцен в день). Сенсоры имеют более высокое отношение сигнал-шум и позволяют снимать до 12 бит на точку [77].

Последний спутник данной программы Landsat 9 был запущен в сентябре 2021 года и в настоящее время полностью функционирует после прохождения некоторых первоначальных испытаний. Геологическая служба США теперь предоставляет данные уровня 1 и уровня 2 с Landsat 9, то есть откорректированные атмосферные данные и данные о температуре поверхности. На нем установлены два основных прибора: оперативный наземный тепловизор и тепловой инфракрасный датчик. Он используется для получения изображений в видимом, ближнем инфракрасном и коротковолновом инфракрасном диапазонах с пространственным разрешением 30 м. датчик измеряет тепловое инфракрасное излучение с поверхности Земли с функциями измерения в панхроматическом диапазоне с разрешением 15 м. Радиометрическое разрешение приборов также превосходит качество Landsat 8 (14-битное квантование по сравнению с 12-битным), что обеспечивает более широкий диапазон обнаружения потенциальных объектов [79].

2.3 Вегетационные индексы, используемые в исследовании

На отобранном участке площадью, после проведения атмосферной коррекции были рассчитаны следующие спектральные индексы: нормализованный вегетационный индекс NDVI (1) и модифицированный индекс растительности с коррекцией по почве MSAVI (2).

Экологические исследования проходящие в мире подчеркнули актуальность нормализованного разностного индекса растительности, как показатель, связывающий растительность с продуктивностью биологических систем различных уровней организации. NDVI получен из соотношения красного коэффициента отражения в ближнем инфракрасном [78].

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

Где NIR и RED – каналы ближнего инфракрасного и красного света, соответственно, отраженного растительностью и захваченного датчиком спутника [78].

Формула основана на том факте, что хлорофилл поглощает красный цвет, в то время как структура листьев, а именно мезофилла рассеивает синий. Таким образом, значения

NDVI варьируются от -1 до $+1$, где отрицательные значения соответствуют отсутствию растительности [76].

Взаимосвязь между NDVI и продуктивностью растительности хорошо установлена, связь между этим показателем и долей перехваченного поглощенного фотосинтетически активного излучения хорошо задокументирована теоретически и эмпирически. Более того, для многих экосистем сообщалось о прямом воздействии климатических условий на биомассу и фенологические закономерности растительности, оцениваемые с помощью NDVI, а также об обратном воздействии растительности на местный климат [78].

Поскольку NDVI напрямую коррелирует с продуктивностью растительности, существует множество возможных применений этого показателя в экологических целях. NDVI предоставляет информацию о пространственном и временном распределении растительных сообществ, биомассе растительности, потоках CO_2 , качестве растительности для травоядных и степени деградации земель в различных экосистемах [82].

Используя NDVI (Рисунок 11), можно различать саванны, густые леса, нелесные местности и сельскохозяйственные поля. Фенологические характеристики могут быть использованы для определения вечнозеленых лесов по сравнению с сезонными типами лесов или деревьев по сравнению с кустарниками [78].

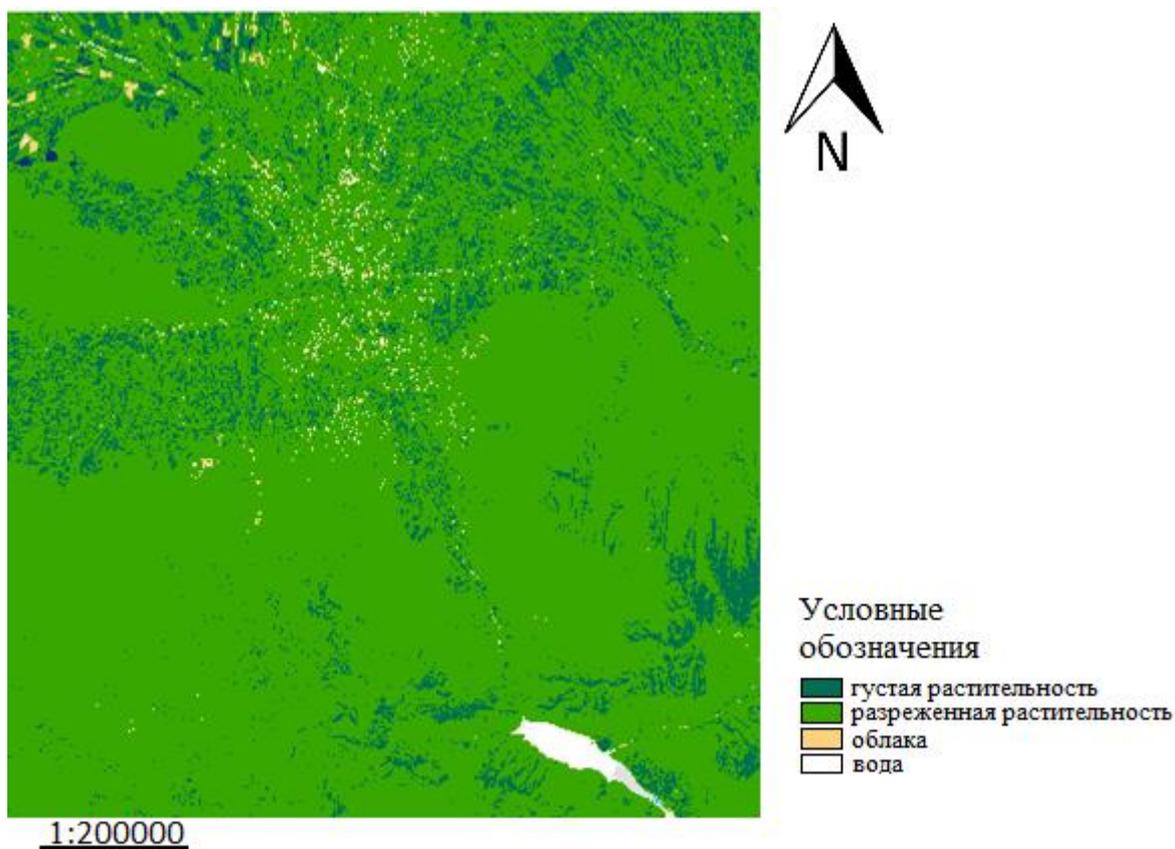


Рисунок 11 – Тематический растр на основе индекса NDVI на территории исследования

Первоначально NDVI использовался для создания карт, включая новаторское картографирование распределения и продуктивности растительности в Африке. Экологическая значимость таких карт многогранна: NDVI позволяет нам различать функциональные типы экосистем или биозоны для количественной оценки годовой чистой первичной продуктивности в различных масштабах по всему миру и для дифференциации почвенного покрова на континентальном и глобальном уровнях [83].

Однако провести различие между лесами, в которых, например, доминируют разные виды, с использованием такого рода информации дистанционного зондирования невозможно, поскольку несколько групп видов растений могут давать сходное значение NDVI или сходную временную тенденцию NDVI. Даже при наличии данных с достаточно высоким спектральным и пространственным разрешением немногие виды растений, если таковые имеются, могут быть точно идентифицированы. Индекс также использовался для улучшения прогнозов и оценки воздействия таких возмущений, как засуха, пожар, наводнение и мороз [106].

Использование для мониторинга засухи или оценки динамического риска возникновения пожаров зависит от чувствительности индекса к сухости растительности, которая является основным фактором, предрасполагающим к возникновению пожаров. Например, используя 16-летние данные о возникновении пожаров в Тоскане, Маселли и других. Сообщалось о постоянной отрицательной корреляции между вероятностями возникновения пожара и стандартизированными уровнями NDVI для предыдущих или современных десятилетий. Затем авторы смогли получить оценки рисков, которые можно было бы использовать для оперативных применений в различных пространственных масштабах [97].

Поскольку вода имеет гораздо более низкое значение NDVI, чем другие поверхностные объекты, затопленные районы также можно отличить по изменениям значения NDVI до и после наводнения, после устранения воздействия других факторов на NDVI. Этот метод был использован в Китае для оценки ущерба от наводнения в 1998 году, и результаты показали высокую корреляцию с ущербом от наводнения, оцененным с использованием других методов [82].

Использование второго индекса MSAVI (Рисунок 12) позволило проверить и подтвердить динамику данных NDVI, поскольку его рекомендуют применять на участках с разреженной растительностью, под условия использования которого подходит изучаемая область.

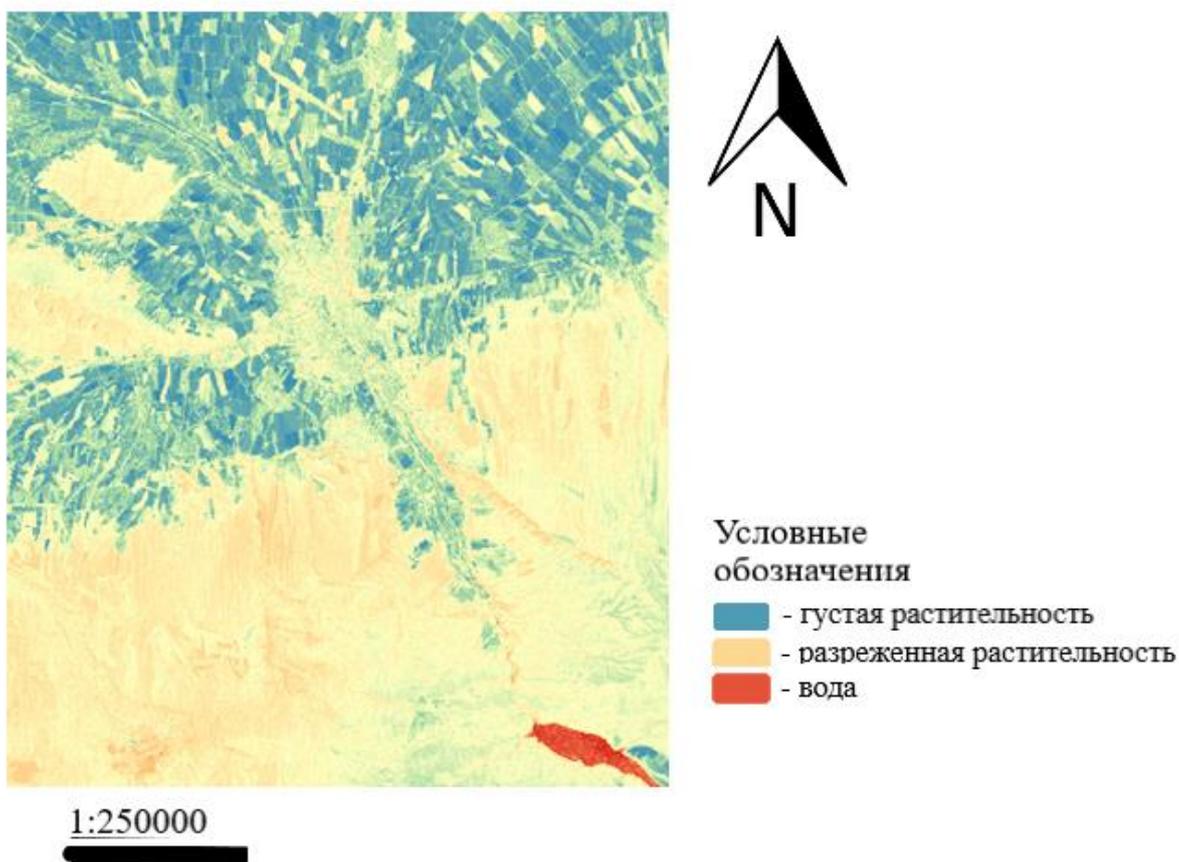


Рисунок 12 – Тематический растр на основе индекса MSAVI на территории исследования

Модифицированный индекс растительности с поправкой на почву (MSAVI) – это индекс, который направлен на устранение некоторых ограничений NDVI при применении к районам с высокой степенью обнаженности поверхности почвы. Проблема с исходным индексом растительности с поправкой на почву (SAVI) заключалась в том, что он требовал определения поправочного коэффициента яркости почвы (L) методом проб и ошибок на основе количества растительности на исследуемой территории.

$$MSAVI = \frac{2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR - RED)}}{2} \quad (2)$$

Где RED — коэффициент отражения датчика в красной полосе, NIR — коэффициент отражения в ближней инфракрасной области, а L — поправочный коэффициент яркости почвы. Однако разница между SAVI и MSAVI заключается в том, как рассчитывается L. В SAVI L оценивается на основе количества растительности (но обычно его не трогают с компромиссным значением 0,5).

Это не только привело к тому, что большинство людей просто использовали значение L по умолчанию, равное 0,5, но и создало циклическую логическую проблему необходимости знать, каково количество растительности / покрова, прежде чем вы сможете применить SAVI, который должен был дать вам информацию о том, сколько там было

растительности. Qi [и др.] (1994) разработали MSAVI для более надежного и простого расчета поправочного коэффициента яркости почвы [108]

2.4 Программное обеспечение и инструменты, используемые в исследовании

Обработка космических снимков проводилась в программах QGIS и ArcGIS (ESRI Inc.), где с помощью калькулятора растров (Рисунок 13) и таблиц были созданы тематические растры и объединены в ряды по годам.

Приоритетами при выборе программного обеспечения были: разработка с открытым исходным кодом и ресурсы с открытым исходным кодом для облегчения доступности и дальнейшего развития, возможность доступа, чтения и обработки ключевых данных с географической привязкой, таких как космоснимки.

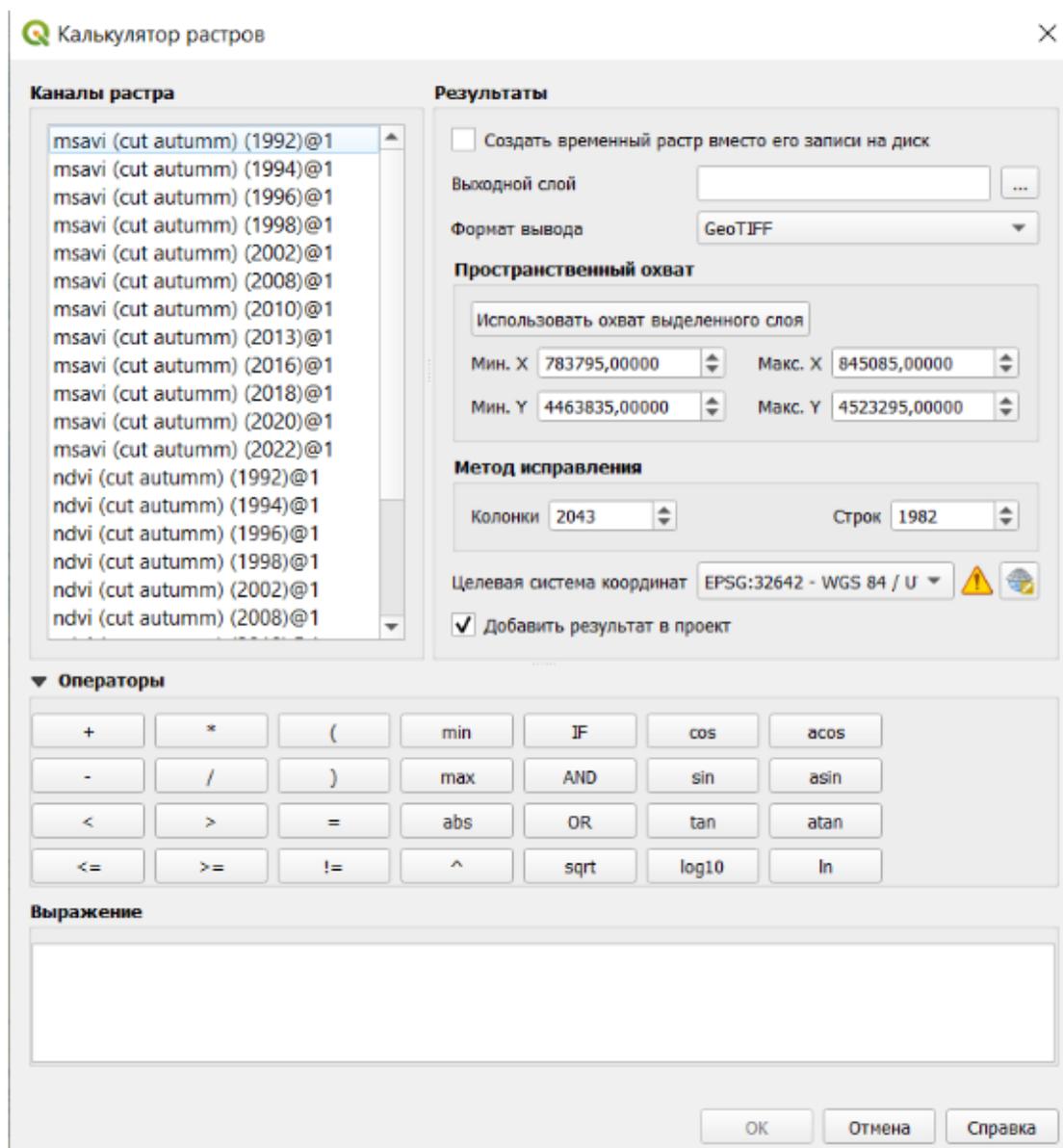


Рисунок 13 – Калькулятор растров в программе Qgis

Чтобы облегчить вычисление индексов Landsat для широкой аудитории и проведения атмосферной коррекции изображений, был использован плагин SCP (Рисунок 14), интегрированный в QGIS. На начальных этапах настоятельно рекомендуется использовать QGIS, поскольку он находится в свободном доступе, а его производительность может быть увеличена с помощью широкого спектра внешних плагинов, разработанных его большим сообществом [100].

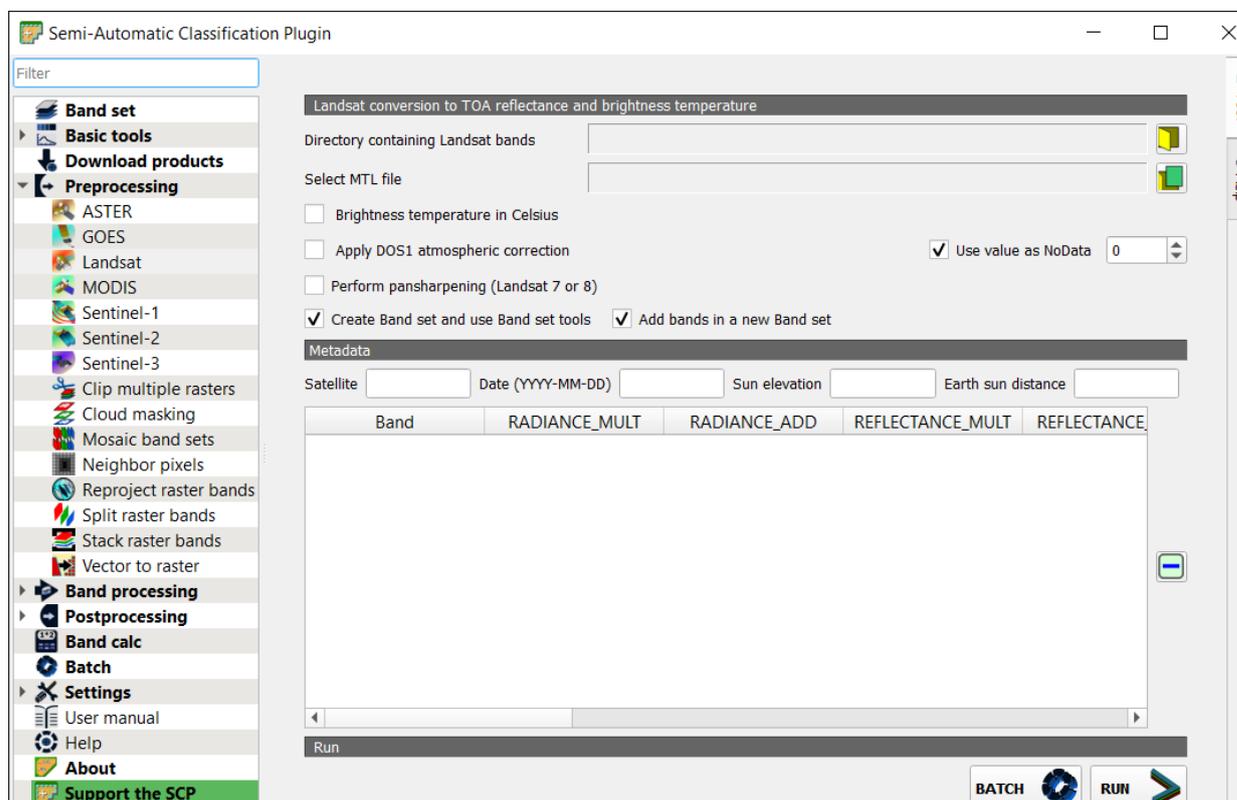


Рисунок 14 – Инструмент атмосферной коррекции в плагине SCP в программе Qgis

Обзор функциональных возможностей SCP. Основная функциональность SCP написана на языке Python (3.2), в то время как графический пользовательский интерфейс разработан с использованием Qt designer. SCP совместим с версией QGIS (3.10), и все его функциональные возможности могут быть запущены на стандартном QGIS для рабочего стола без требований какого-либо дополнительного пакета библиотек. Однако он выполняет сложные операции, требующие минимум 8 ГБ оперативной памяти для вычисления всех индексов по изображениям Landsat размером более 1 ГБ. Плагин позволяет пользователям автоматически вычислять некоторые из наиболее часто используемых показателей в экологических исследованиях. SCP использует информацию из файла метаданных, включенного в папку изображений Landsat, для извлечения необходимых значений для радиометрической калибровки, а затем вычисляет выбранные показатели окружающей среды. Выходным результатом является растровый слой с тегами формата файла изображения [85].

С целью коррекции спутниковых снимков был использован метод атмосферной коррекции DOS1, он основан на свойствах изображения. Этот метод коррекции наиболее широко используется для выявления изменений в землепользовании. Такие элементы, как вода, леса и тени, считаются темными объектами, когда их значения коэффициента отражения близки к нулю. Темные объекты обнаруживаются автоматически, когда значение коэффициента отражения пикселя меньше или равно 1,0%. Предполагается, что некоторые пиксели внутри изображения получают 0% солнечного излучения, главным образом из-за эффекта рельефа, а значения излучений, соответствующие этим пикселям, зарегистрированные спутником, соответствуют атмосферной дисперсии [87].

Если на изображении обнаружен темный объект, такому объекту присваивается минимальное значение коэффициента отражения на гистограмме. Исходя из этого минимума, можно скорректировать всю сцену с помощью эффектов атмосферной дисперсии.

После проведения атмосферной коррекции и вычета вегетационных индексов были получены тематические растры по исследуемой территории. Для улучшения визуализации материалов и использования элементов автоматизации была применена программа ArcGIS Pro.

Обнаружение изменений является одним из фундаментальных приложений в области обработки изображений и дистанционного зондирования. Это сравнение нескольких наборов растровых данных, обычно собранных для одной области в разное время, для определения типа, величины и местоположения изменений было осуществлено с помощью алгоритма Change Detection в программе ArcGIS Pro, созданные тематические карты помогли определить положение ключевых участков (Рисунок 15). Изменения могут произойти из-за антропогенной деятельности, резких природных возмущений или долгосрочных климатологических или экологических тенденций. Результатом обнаружения изменений является разностный растр, где каждый пиксель содержит тип или величину изменения [121].

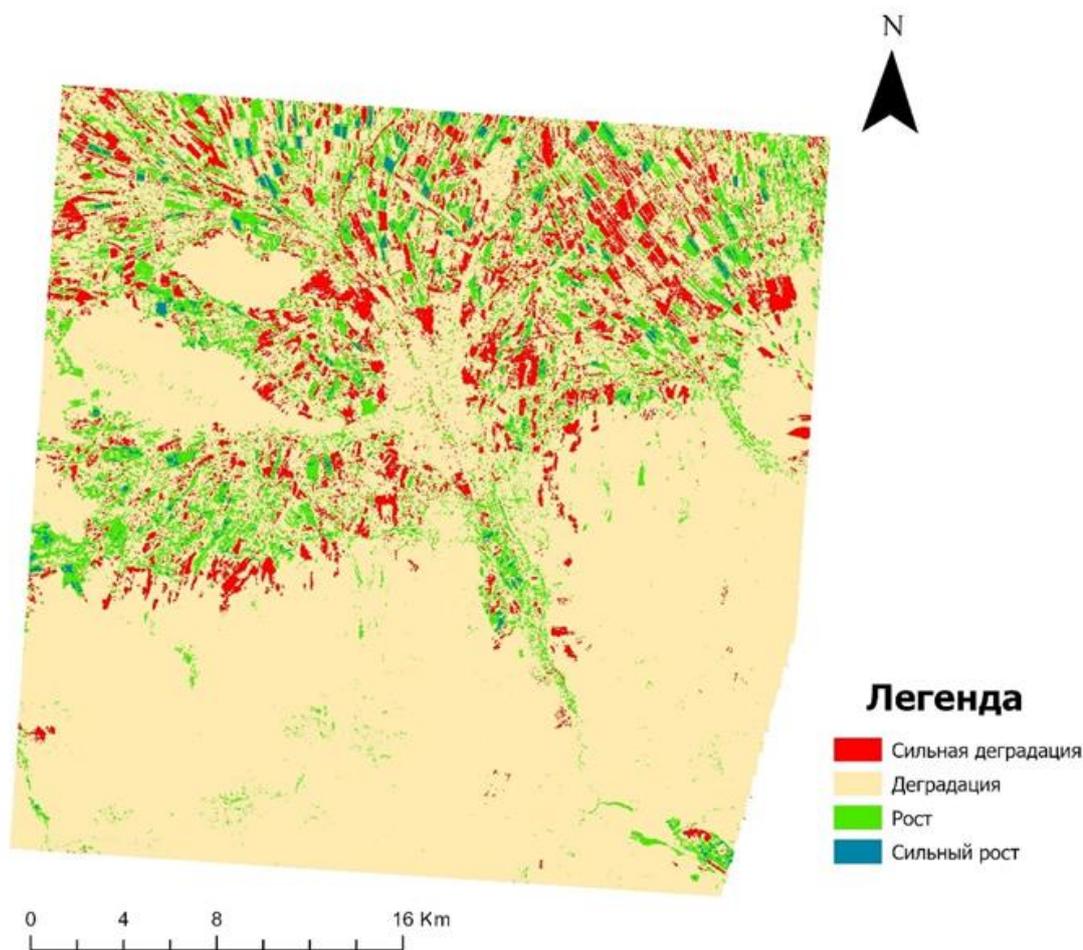


Рисунок 15 – Карта тематического растра на территории исследования на основе алгоритма Change Detection (сравнение индекса MSAVI в летний сезон наблюдений 1992 и 2022 годов)

При сравнении тематических растров растительного покрова результат содержит информацию о типе произошедших изменений. Обнаружение категориальных изменений при изменении растительного покрова при сравнении непрерывных растров результатом является величина и направление изменений произошедшие за определенный период времени. Тематический растр, содержащий данные о растительности, должен быть классифицирован по диапазонам одним из двух способов. Метод классифицированного отображения делит значения на небольшое количество ячеек, аналогично градуированной цветовой карте. Цветовая шкала выбирается для присвоения цветов каждой ячейке. Используя несколько литературных источников, которые провели исследования, сочетающее полевые работы и анализ данных дистанционного зондирования на схожих с исследуемой территориях Masselink (2014), Huete (1989), Qi et al (1994) были выбраны следующие классификационные значения для NDVI и их эквивалентные значения для MSAVI (Таблица 1).

Таблица 1 – Классификационные значения для различных типов растительного покрова

Покровы	NDVI	MSAVI
Вода и ледники	<0	<0
Травянистые покровы	0 – 0,3	0 – 0,25
Кустарниковая растительность	0,3 – 0,4	0,25 – 0,35
Редколесье	0,4 – 0,6	0,35 – 0,52
Пашни	>0,6	>0,52

По полученному классифицированному растру (Рисунок 16) возможно провести расчёт площадей для различных типов растительности по количеству их пикселей, число которых после классификации уже содержится в таблице атрибутов для каждого тематического растра.

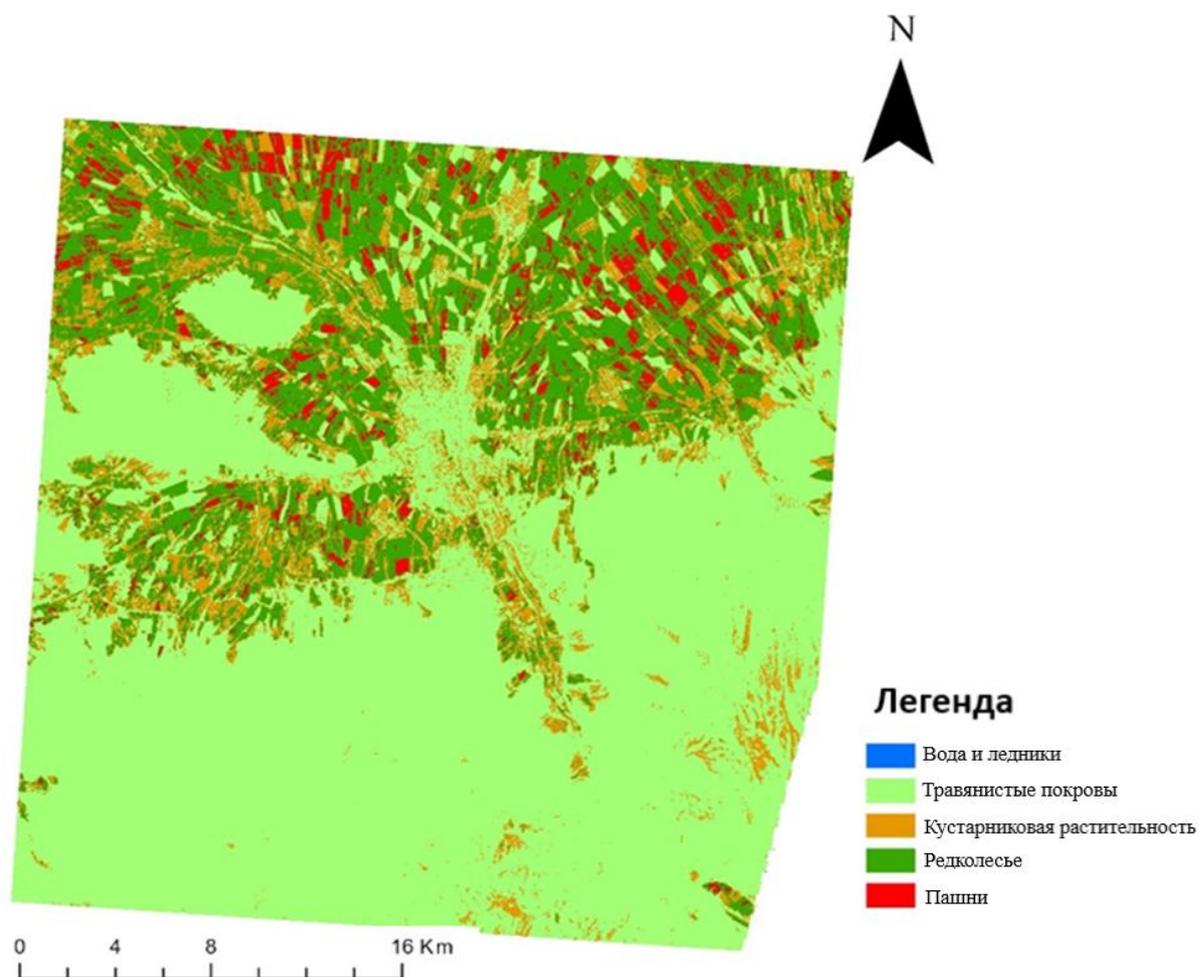


Рисунок 16 – Классифицированная карта тематического растра на территории исследования по вегетационному индексу NDVI за 1992 год

Для проведения подобного рода операции, использовался калькулятор полей в программе ArcGIS Pro (Рисунок 17), с целью вывода новых значений для таблицы атрибутов создается дополнительное поле – площадь.

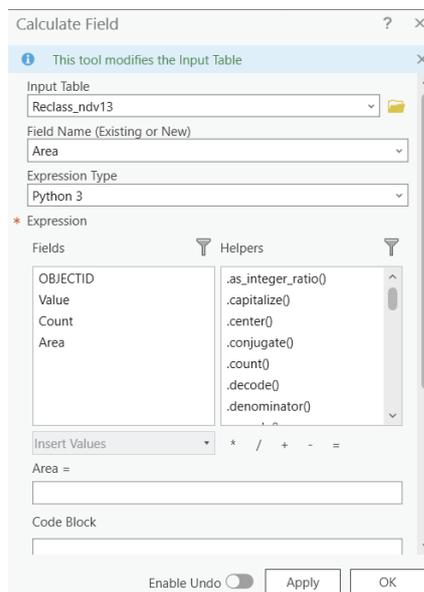


Рисунок 17 – Калькулятор полей в программе ArcGIS Pro

Далее используя данные о размере пикселя в тематическом растре создается формула.

$$\text{Area} = !\text{Count}! * 30 * 30 / 1000000 \quad (3)$$

Где, “Area” это площадь классов растительности, “Count” – число пикселей в классах, 30 – площадь пикселя, 1000000 – количество метров в одном квадратном километре.

В результате вычисления, таблицы атрибутов для тематических растров обновляются с новым полем и внесенными в него данными по покрытию растительного покрова. Полученные результаты площадных данных необходимо объединить в выборки по годам и с помощью программы MS Excel, создаются графики, диаграммы и проводится тренд анализ значений вегетационных индексов и площадей различными типов растительного покрова. Тренд анализ осуществляется согласно формуле.

$$y(x)=a+b \quad (4)$$

Где y — значение тренда вегетационного индекса, x — номер периода (порядковый номер года), a – точка пересечения с осью y на графике (минимальный уровень), b – это значение, на которое увеличивается следующее значение временного ряда.

3 ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ОШ И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

На основе данных космических снимков по территории исследования в рассматриваемые периоды времени, нами для каждого из них с использованием указанных выше инструментов анализа, были установлены средние многолетние значения вегетационных индексов. Полученный банк данных за период с 1992 по 2022 гг., позволил нам провести анализ изменения динамики растительного покрова.

Конец апреля и начало мая являются основным сезоном для роста и размножения различных видов растений. Погодные условия данного сезона определяют в первую очередь особенности функционирования природных геосистем, а также организацию жизнедеятельности людей. Сезон же конца лета – начала осени показывает конец вегетационного сезона и может отразить количество растительности на изучаемой территории, без влияния таких факторов как осадки и облачность, поскольку в силу особенностей климата и погоды в данном сезоне, вегетационные индексы менее подвержены влиянию подобных факторов. Такое сравнение позволило нам точнее и достовернее представить результаты научной работы. Все это подчеркивает актуальность исследования особенностей временной динамики вегетационных режимов весеннего сезона года для горных регионов в условиях глобального изменения климата.

3.1. Изменения вегетационных индексов весеннего сезона в районе города Ош и их тенденции

В ходе наших наблюдений и вычисления спектральных индексов и создание карт на их основе позволило выявить следующую различную динамику (Рисунок 18). С начала наблюдений NDVI показывал рост значений, от 0,34 пунктов в 1992 году до наибольшего зафиксированного в 1998 году, что составило 0,5 пункта далее последовал спад до 0,34 в 2000 году, далее были периоды падений и роста от 0,28 в 2004 до 0,35 в 2006 году.

Колебания индекса увеличились от 0,27 в 2008 до 0,36 в 2010м. Впоследствии начался спад от 0,21 в 2013 году до минимального значения за все наблюдения в 2016 году составившего значение 0,18 пунктов. С 2020 года наблюдается рост вегетационного индекса 0,19 до 0,39 в 2022 году. Предполагается, что повышение уровня NDVI в 1998 и 2022 году произошло из-за увеличения количества осадков перед датой съемки местности со спутника, что также отражается пиками вегетационных индексов и на ключевых участках [120].

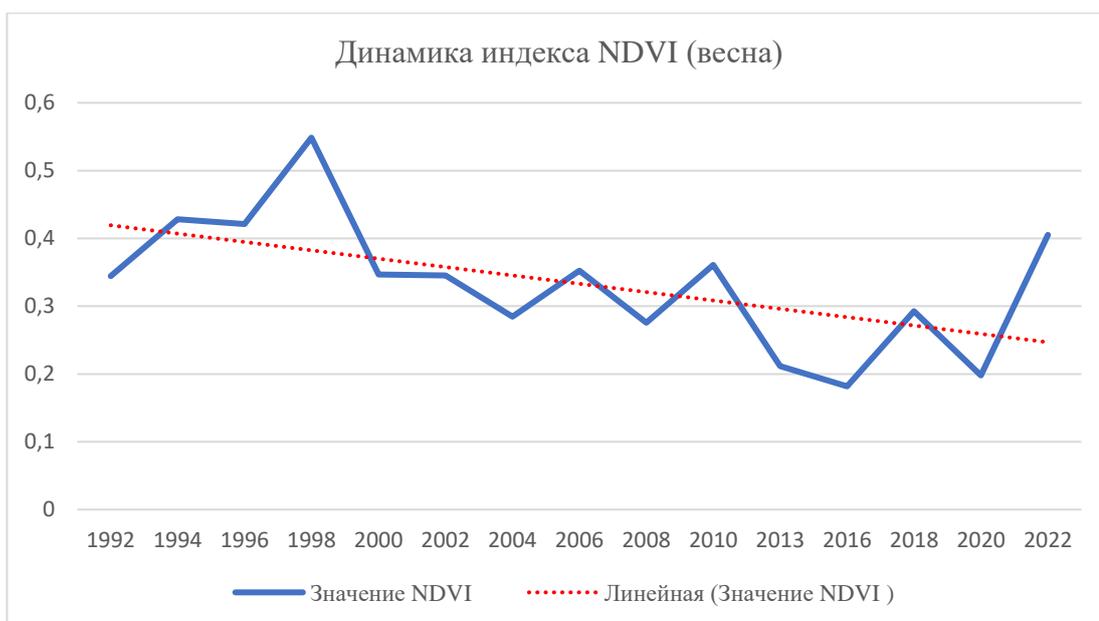


Рисунок 18 – Изменение индекса NDVI за весенний сезон наблюдений

Падение линии тренда свидетельствует о смене главенствующего типа растительного покрова, в начале наблюдений в 90–е годы территорией это кустарниковая растительность, в последующих десятилетиях индекс отражает переход в сторону главенства травянистых покровов.

Расчет и сведение в диаграммы спектрального индекса MSAVI в весенний сезон многолетних наблюдений выявил схожую динамику (Рисунок 19). С начала наблюдений MSAVI показывал рост значений, от 0,20 пунктов в 1992 году, рост до 0,24 в 1994, далее падение до 0,18 пунктов в 1996 и резкий рост до наибольшего зафиксированного в 1998 году, что составило 0,3 пункта далее последовал спад до 0,18 в 2000 году, далее были периоды падений и роста от 0,17 в 2004 до 0,22 в 2006 году.

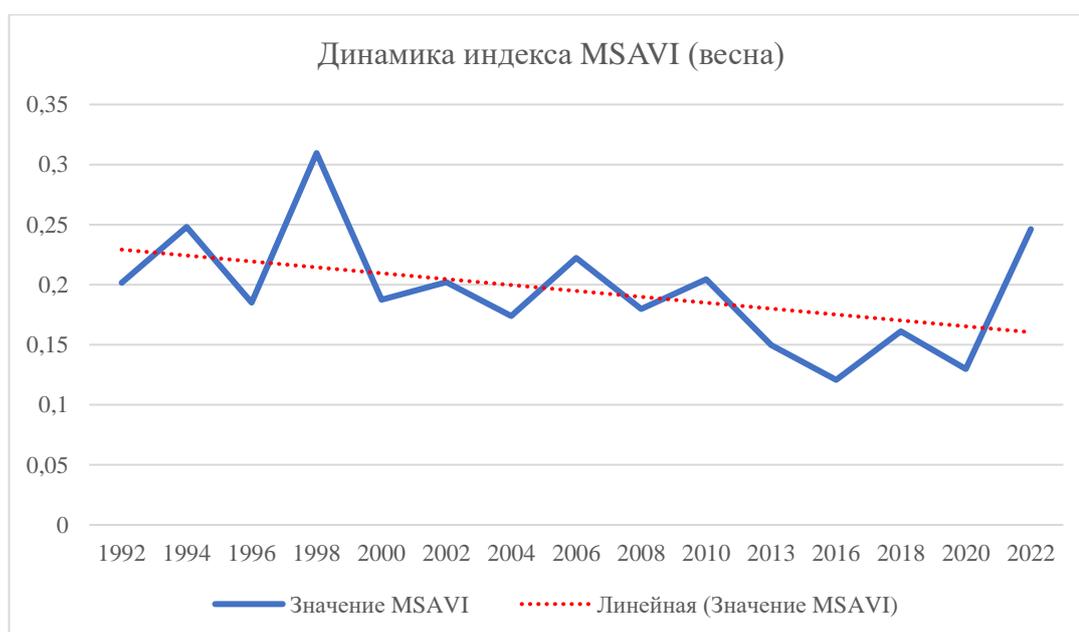


Рисунок 19 – Изменение индекса MSAVI за весенний сезон наблюдений

Колебания индекса продолжились от 0,17 в 2008 до 0,20 в 2010 году. Впоследствии начался спад от 0,14 в 2013 году до минимального значения за все наблюдения в 2016 году составившего значение 0,12 пунктов. С 2020 года наблюдается рост вегетационного индекса с 0,12 до 0,24 в 2022 году. Линия тренда модифицированного почвенного индекса MSAVI демонстрирует спад динамики средних значений индекса на территории города Оша и его окрестностей, однако согласно классификационным значениям взятым по работам Masselink (2014), Huete (1989), Qi et al (1994), основным типом растительного покрова в данной местности за все годы наблюдений остаются травянистые покровы.

Предполагается, что за снижением вегетационных индексов стоит комплекс причин таких как: увеличение территории города Ош и его окрестностей занятых жилой и хозяйственной застройкой, деградация растительного пастбищ в результате перевыпаса скота и нерационального землепользования, ухудшение условий земледелия из-за отсутствия необходимых современных технологий и влияние климатических факторов в виде засухи [96, 97, 98, 99, 100].

3.2 Изменения вегетационных индексов летнего сезона в районе города Ош и их тенденции

Динамика вегетационного индекса NDVI за многолетние наблюдения конца лета (Рисунок 20), начала осени показали следующую динамику: в начале сезона наблюдений в 1992 году индекс показывает наибольший показатель в 0,46 пунктов, за ним следует падение до 0,28 в 1994 и 0,27 в 1996 годах. После фиксируется рост до 0,36 в 1998 году и падение до 0,21 пункта в 2000 году. В период до 2008 года, индекс показывает слабую динамику в 0,22 пункта в 2002, 2004 годах.

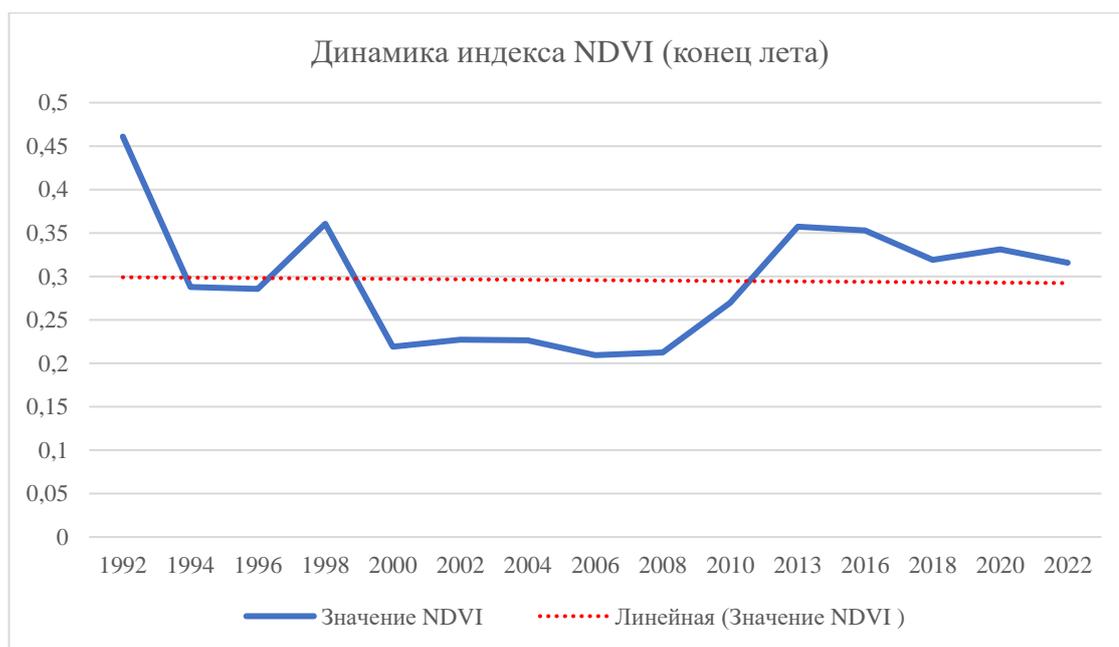


Рисунок 20 – Изменение индекса NDVI за летний наблюдений

После в 2006 отмечено небольшое падение до 0,20 пунктов и слабый рост до 0,21 в 2008. Однако уже в 2010 году индекс растет до 0,26, поднимаясь в 2013 и 2016 годах до новых пиках за десятилетие в 0,35 пунктов. Далее фиксируется падение в 2018, 2020 и 2022 индекс составил значения в 0,31, 0,33, 0,31 пунктов соответственно. Линия тренда фиксирует отсутствие явной динамики в течении периода наблюдений.

Резкое сокращение NDVI в 90–х годах, объясняется тем, что после распада СССР, в исследуемом регионе значительно изменился режим водопользования, в сторону сокращения потребления воды для народного хозяйства, в частности земледелия на предгорных участках. Немаловажную роль сыграла также материально–техническая база, где из–за отсутствия ухода и специалистов начала деградировать система ирригации, что и отразилось на растительных покровах, что получали дополнительную влагу в данный период наблюдений благодаря деятельности человека [110].

Динамика вегетационного индекса MSAVI за многолетние наблюдения конца лета (Рисунок 21), начала осени показали следующую динамику: в начале сезона наблюдений в 1992 году индекс показывает наибольший показатель в 0,26 пунктов, за ним следует падение до 0,16 в 1994 и 1996 годах. После фиксируется рост до 0,20 в 1998 году и падение до 0,12 пункта в 2000 году. Индекс показывает однообразную динамику в 0,13 пункта отмеченную в 2002, 2004, 2008 годах.

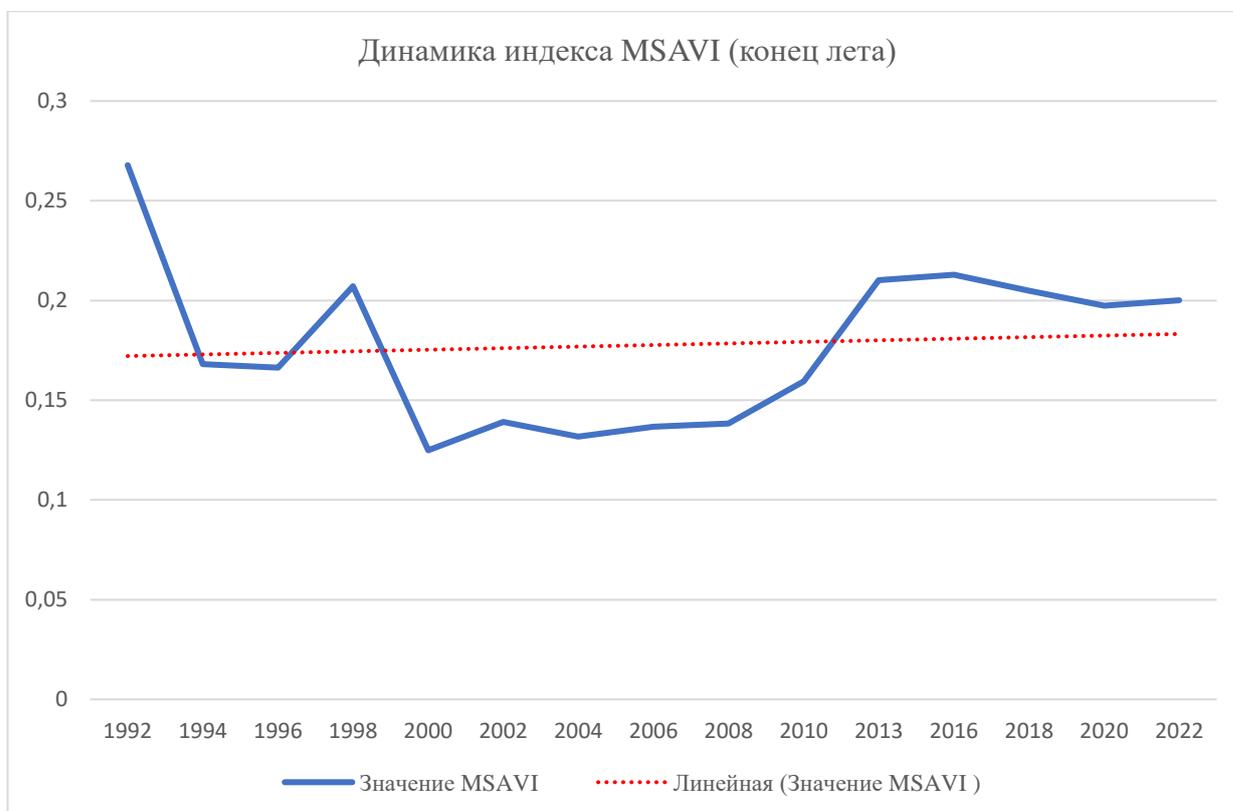


Рисунок 21 – Изменение индекса MSAVI за летний наблюдений

В 2010 год зафиксирован рост до 0,15 пунктов, в 2013 и 2016 годах до 0,21 пункта. После отмечена слабая динамика падения и роста, соответственно составившая в 2018, 2020 и 2022 году 0,20 пунктов. При многолетних наблюдениях с помощью MSAVI линия линейного тренда отражает слабую растущую динамику.

Единообразия и слабая динамика трендов вегетационных индексов в летний период наблюдения может отображать растительность без воздействия влаги, поскольку в жаркий сезон у дикой растительности сокращается площадь зеленой массы и уже не отражается на космических снимках. А фиксируемые территории и площади зачастую поддерживаются человеком с помощью оросительной системы и представляют собой культурные фитоценозы [121].

Рост вегетационных индексов NDVI и MSAVI в летний период многолетних наблюдений с 2008 года может говорить о том, что происходит улучшение обеспеченности водными ресурсами исследуемого региона. В результате межправительственных соглашений по рациональному водопользованию и устойчивому развитию Центрально–азиатского региона увеличилось поступление воды для ирригации в летний период с территории соседнего Узбекистана, что скорее всего и отразилось в росте динамики индексов [59, 60].

3.3 Изменения вегетационных индексов весеннего сезона наблюдений и их тенденции на ключевых участках

На территории исследования были выбраны несколько ключевых участков для проверки достоверности динамики вегетационных индексов в разные периоды многолетних наблюдений. Одним из первых ключевых участков стал расположенный у южной части города Ош, район бывшей зоны отдыха Жеткинчек. Данный участок претерпел значительные изменения с момента начала наблюдений в 1992 году, где растительный покров из–за внешних факторов и деятельности человека показал отрицательную динамику и значительно деградировал (Рисунок 22).

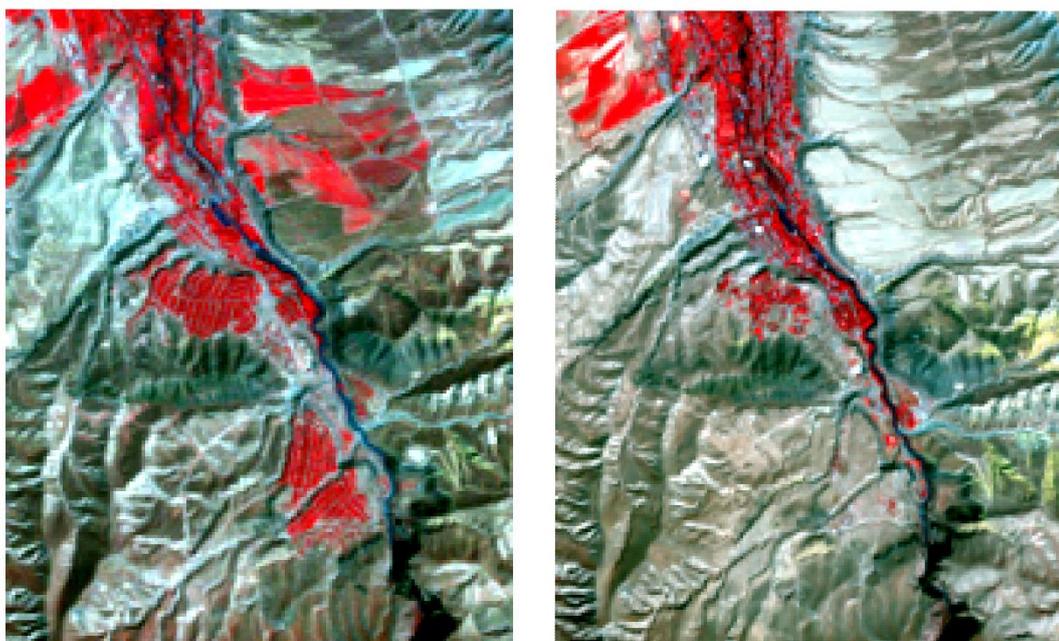


Рисунок 22 – Карта контрольного участка Landsat 5, 9 в псевдоцвете за 1992 и 2022 года

Изменение вегетационного индекса на контрольном участке Тулейкен (Рисунок 23) В качественна точки отсчета изменений был выбран 1992 год, тогда среднее значение индекса NDVI составило 0,7 пункта, соответствующее лесам или пашням, в дальнейшем происходило падение до 0,49 пунктов в 1994 году, позже в 1996 году последовал ещё один небольшой спад до 0,40 пунктов, а пик подъема за всю историю наблюдений пришёлся на 1998 год, тогда значение индекса составило 0,51 в 2000 году, позже в 2002 году индекс немного опустился до 0,35 пунктов, он оставался на схожем уровне отметившись в 2004 году 0,33, в 2006 году 0,36 пунктами и упав 2008 до 0,23, в 2010 году он поднялся до 0,41.

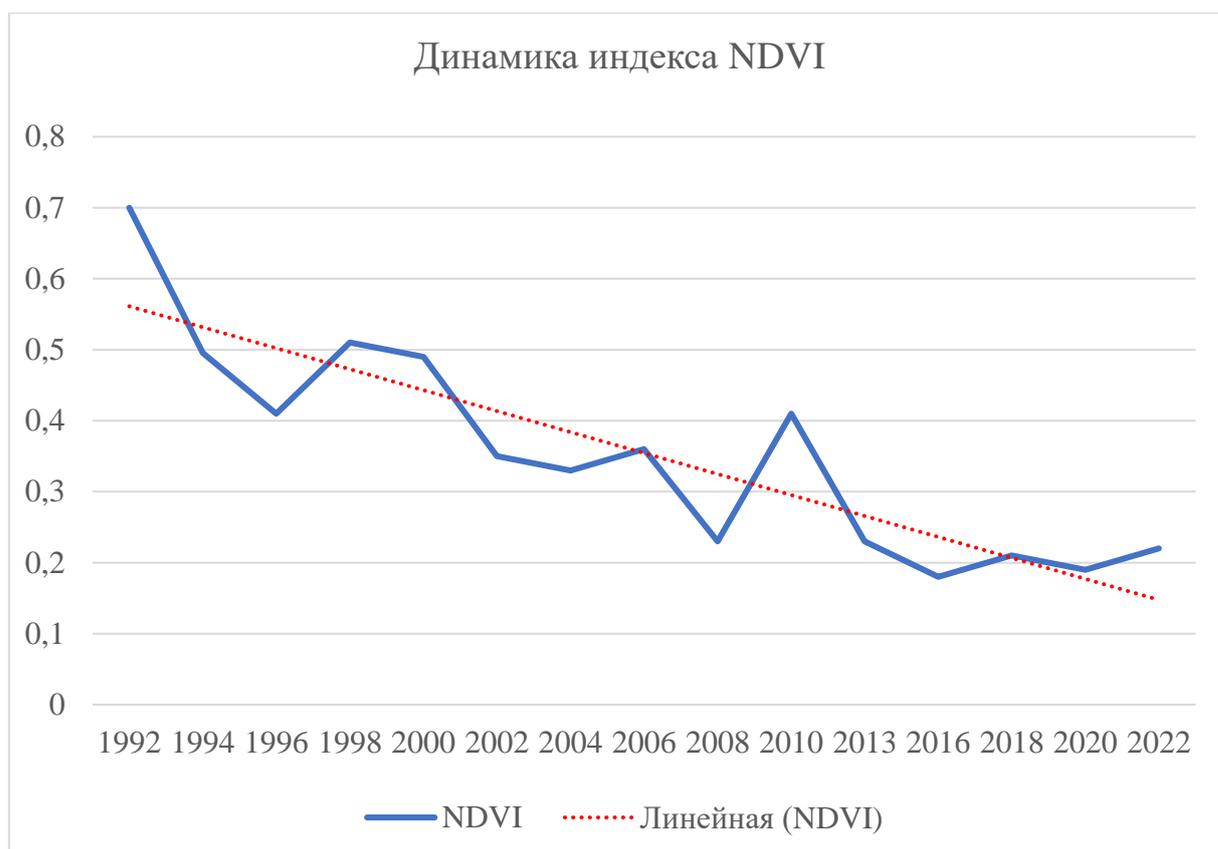


Рисунок 23 – Изменение индекса NDVI за весенний сезон наблюдений на территории ключевого участка района Тулейкен

Однако в дальнейшем он так и не повышался, поскольку в 2013 году отмечены его значение в 0,23. В 2016 году был небольшой спуск до 0,18, в 2018 небольшой рост до 0,21. В 2020 он растет и отметился значениями в 0,19 и 0,22. Таким образом произошло двухкратное падение средних значений индекса с 1992 по 2022 год. Линия тренда отражает спад значений NDVI значения которого представляют по классификации лес или пашню в начале многолетних наблюдений, до главенства травянистых покровов в нынешнее время.

Другой спектральный индекс MSAVI (Рисунок 24) показал схожую картину динамики, также постепенно снижающуюся с годами. Так начали наблюдений в 1992 году значение индекса составило 0,5 в дальнейшем происходило падение до 0,27 в 1994 году и ещё больше спад увеличился в 1996 году составив 0,19, после этого пунктов 1998 году.

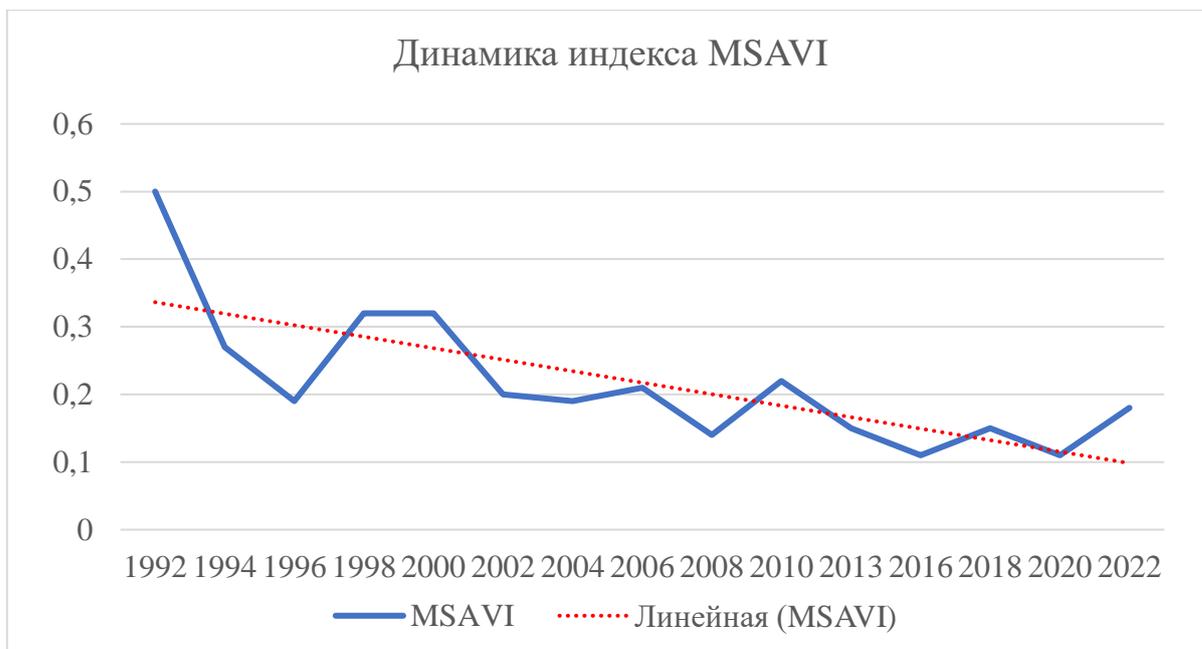


Рисунок 24 – Изменение индекса MSAVI за весенний сезон наблюдений за весенний сезон наблюдений на территории ключевого участка района Тулейкен

В 2000 году значение индекса выросло до 0,32 после подверглась падению до 0,2 в 2002 году и продолжила падение до 0,19 и 2004 далее произошёл небольшой подъём в 2006 году до 0,21 пункта но в дальнейшем спустя 2 года в 2008 значение снова упало до 0,14. В 2010 году значение индекса подросло да значение 0,22, но продолжила падать и уже в 2014 году составила 0,15 пунктов, после в 2016 ещё снизилось до 0,11 небольшой рост был отмечен в 2018 году до 0,15 пунктов и падение новая в 2020 году до 0,11 что являлось самым минимум за всю историю наблюдений последний год 0,24 пунктов. По сравнению с 1992 годом средняя индекса MSAVI сократилась более чем в 2 раза.

Линия тренда MSAVI за весенний сезон многолетних наблюдений показывает схожую картину с NDVI, тем самым также свидетельствует о сокращении растительных покровов и изменении их видового состава и жизненных форм.

В летний сезон динамика вегетационного индекса NDVI (Рисунок 25) за историю наблюдений показала следующие значения: в 1992 году оно составило 0,37 пунктов, что является самым высоким значением за всю историю наблюдений, в дальнейшем в 1994 и в 1996 годах значение индекса составило 0,21 пункта, небольшое повышение произошло в 1998 году до 0,28 пунктов.

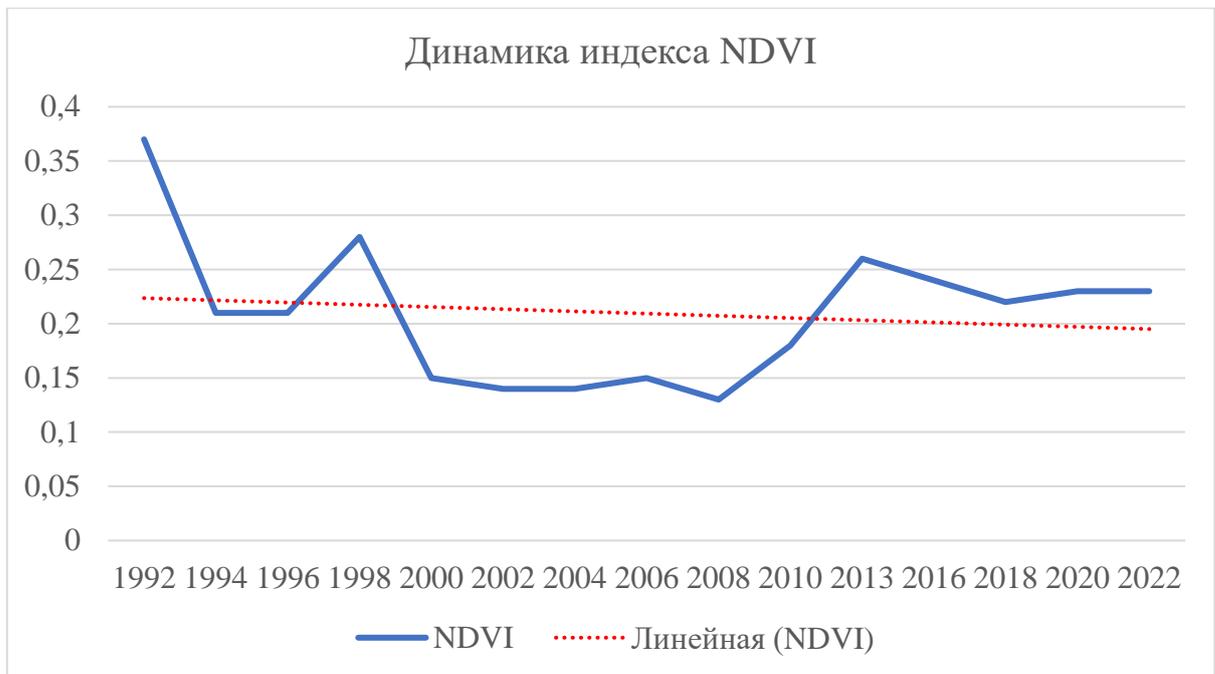


Рисунок 25 – Изменение индекса NDVI за летний сезон наблюдений на территории ключевого участка района Тулейкен

Однако в 2000 году последовал спад до 0,15 пунктов. В последующих годах наблюдений в 2002 и 2004 годах показатель индекса составил 0,14, в 2005 году повысился 0,15 пунктов, а в 2008 произошло снижение до 0,13. С 2010 года фиксируется рост вегетационного индекса, он был отмечен на 0,18 пунктах, в 2013 году он также возрос до 0,26, в 2016 году сократился до 0,24, в 2018, 2020 и 2022 году он показал отсутствие динамики оставшиеся со значениями в 0,22, 0,23 и 0,23 соответственно. Линия тренда демонстрирует слабую снижающуюся динамику. Подъем индекса в 1998 году совпадает с большим количеством осадков выпавшим перед съемкой территории со спутника [120].

Динамика модифицированного вегетационного индекса MSAVI слабо отличается от индекса NDVI (Рисунок 26), где начало наблюдений за динамикой индекса в 1992 году показало значение самая высокая за всю историю наблюдений в 0,19 пунктов.

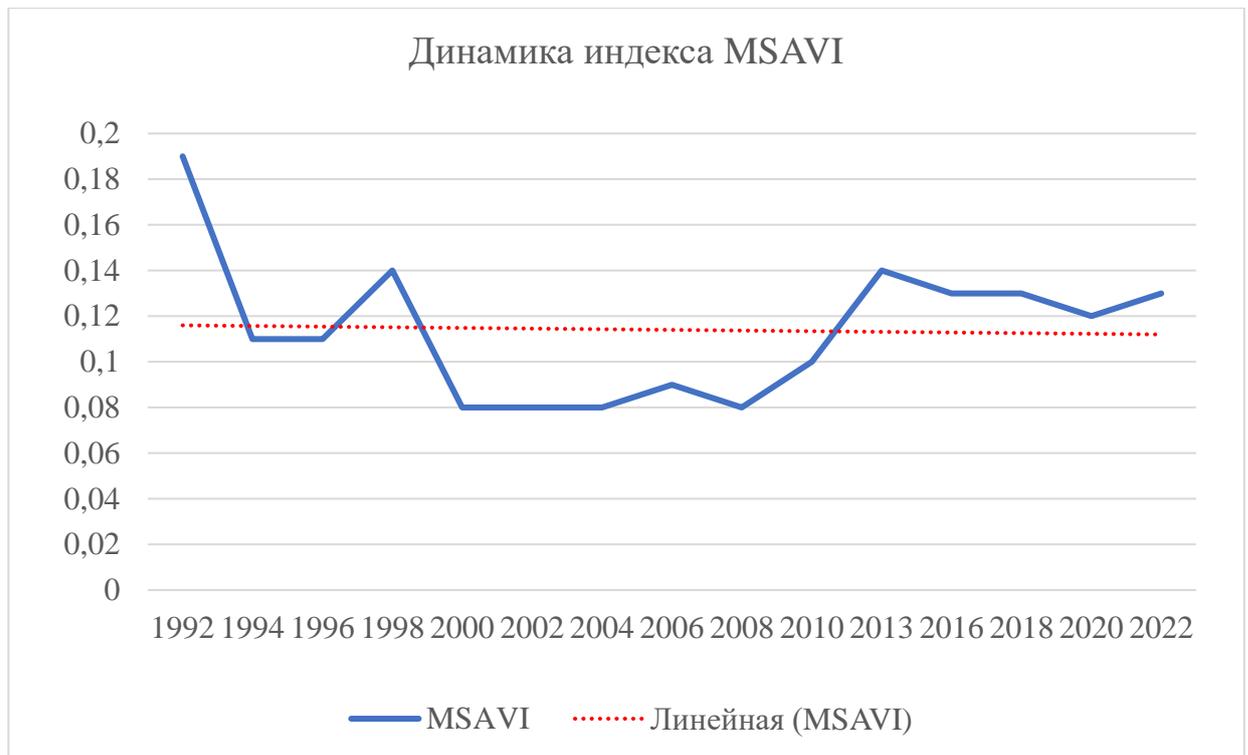


Рисунок 26 – Изменение индекса MSAVI за летний сезон наблюдений на территории ключевого участка района Тулейкен

После чего было зафиксировано падение до 0,11 пунктов в 1994 и 1996 годах, небольшой подъём его значений в 1998 году до 0,14 пунктов и падение в 2000 году до 0,08. В последующем десятилетии при его наблюдениях в 2002, 2004 и в 2008 году значение индекса показало отсутствие динамики оставшись назначении в 0,08 пунктов. Выросло на 0,1 пункта в 2006 году. С 2010 года наблюдается рост до 0,1. Ещё выше значение повышается в 2013 году до 0,14. С 2016 года индекс показывал слабую динамику на снижение составив 0,13 пунктов в 2016, 2018 годах соответственно. С 2020 года индекс демонстрирует рост от 0,12 до 0,13 в 2022 году. Линия тренда за данный сезон многолетних наблюдений отражает отсутствие динамики вегетационного индекса MSAVI.

Наблюдение за вегетационными индексами в летний сезон фиксирует резкий спад средних значений индексов в 90–х годах, что совпадает с уходом человека из данных мест жительства и деградацией в следствии этого зоны отдыха Жеткинчек. Деградация происходила из–за отсутствия воды для орошения, должного технического обеспечения и отъезда специалистов по охране и уходу за данной территорией. Дополнительным фактором для изменения растительности послужил переход от земледелия к кочевому скотоводству, что увеличило нагрузку на растительные сообщества изучаемой местности.

Вторым ключевым участком стал расположенный на юго–западе от границы города Оша, участок Кара–Суйского района вблизи айыла (села) Гагарин (Рисунок 27), где на холмах расположен разреженный подлесок из дикой фисташки и можжевельника туркестанского. С начала наблюдений в 1992 году, участок также претерпел значительные изменения растительных сообществ.

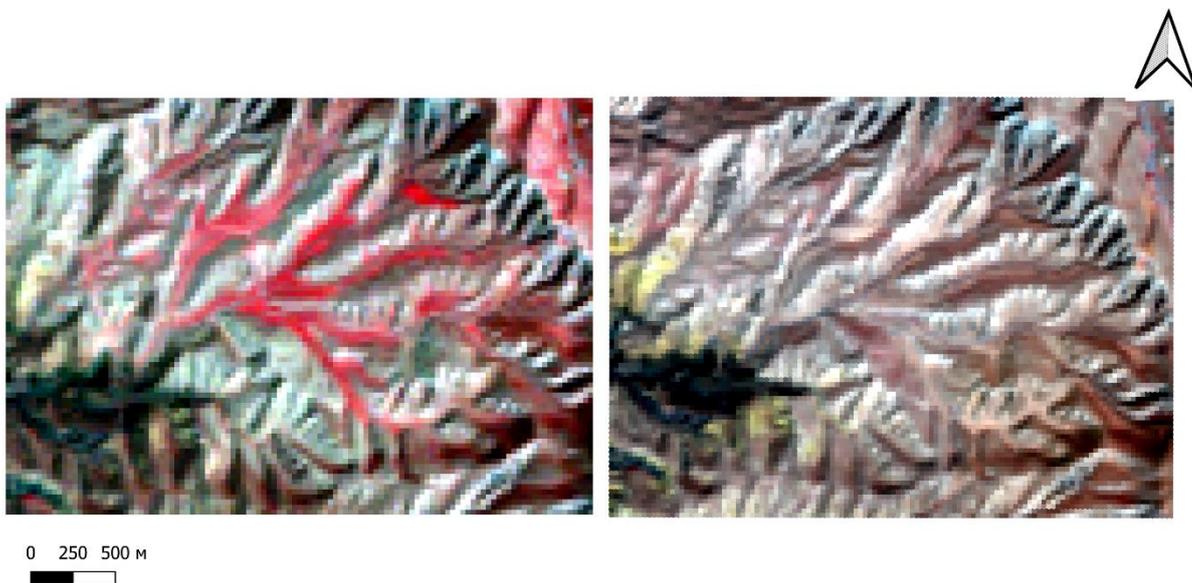


Рисунок 27 – Карта контрольного участка в Кара–Суйском районе, Landsat 5, 9 в псевдоцвете за 1992 и 2022 года

На данном участке, в качестве эталона в весенний сезон наблюдений был выбран 1992 год, где зафиксированы следующие значения (Рисунок 28): в начале наблюдений значение нормализованного вегетационного индекса NDVI составило 0,42, а в 1994 году величина выросла до 0,55, в 1996 году произошло падение до 0,46 пунктов. Резкий подъём был зафиксирован 1998 году до 0,59 пунктов, что явилось наибольшим значением за многолетние наблюдения. В новом десятилетии значение вегетационного индекса показывает следующую динамику: так в 2000 году величина составила 0,38, в 2002 и в 2004 годах по 0,37 пункта, в 2006 показатель возрос 0,42. А уже в 2008 году индекс показывает падение до 0,23, однако спустя 2 года в 2010 вновь зафиксирован рост до 0,48.

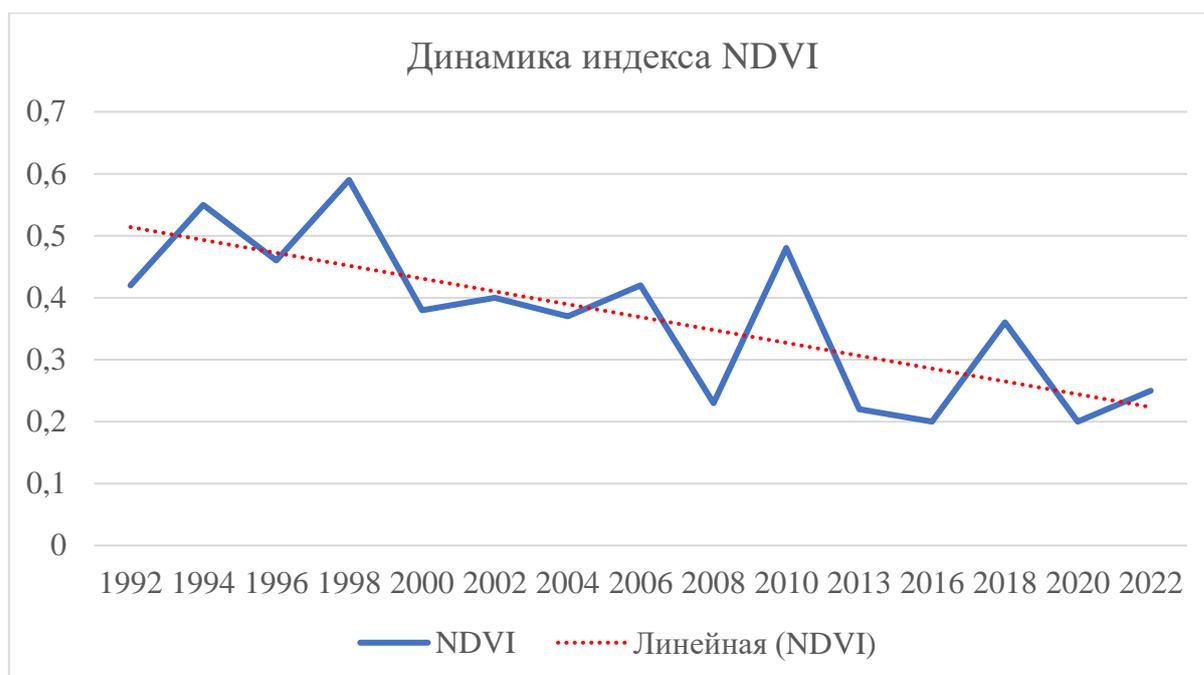


Рисунок 28 – Изменение индекса NDVI за весенний сезон наблюдений на территории второго контрольного участка в Кара–Суйском районе

Новое десятилетие показывает падение NDVI до значения 0,22 в 2013 году и 0,2 в 2016. В 2018 году отмечился рост до 0,36 но в последние 2 года отмечается тенденция к его снижению составив 0,2 пункта в 2020 году и 0,25 пунктов в 2022. Пики в 1998, 2010 и 2018 годах обусловлены выпавшими осадками перед космосъемкой местности, что повлияло на количество биомассы. За 30 лет наблюдений средняя спектрального индекса сократилась больше чем в 1,5 раза. Линия тренда фиксирует падение средних значений нормализованного вегетационного индекса от значений соответствующим редколесьям в 1992 году до травянистой растительности в 2022 году.

Модифицированный вегетационный индекс с коррекцией по почве демонстрирует схожую динамику (Рисунок 29): в 1992 году его значение составило 0,23, в 1994 году было отмечен рост до показателя до 0,3 пункта, а в 1996 году зафиксировано падение до 0,14. Однако в 1998 году он подрос до 0,34 –это явилось наивысшим значением за всю историю наблюдений, но уже в 2000 году отмечено падение индекса до 0,18 пунктов. а в 2002 2004 и 2006 годах MSAVI показывал небольшую динамику на рост с значениями 0,22, 0,21 и 0,25. в 2008 году было падение до 0,13, а уже через 2 года в 2010 новый рост до 0,25, в новом десятилетии происходило падение вегетационного индекса до 0,14 пунктов в 2013 году и 0,12 и 2016. В 2018 году был отмечен рост до 0,24, в 2020 новое падение до 0,14 и за предыдущий 2022 год был зафиксирован рост до 0,2. Линия тренда показывает падение индекса за многолетние наблюдения.

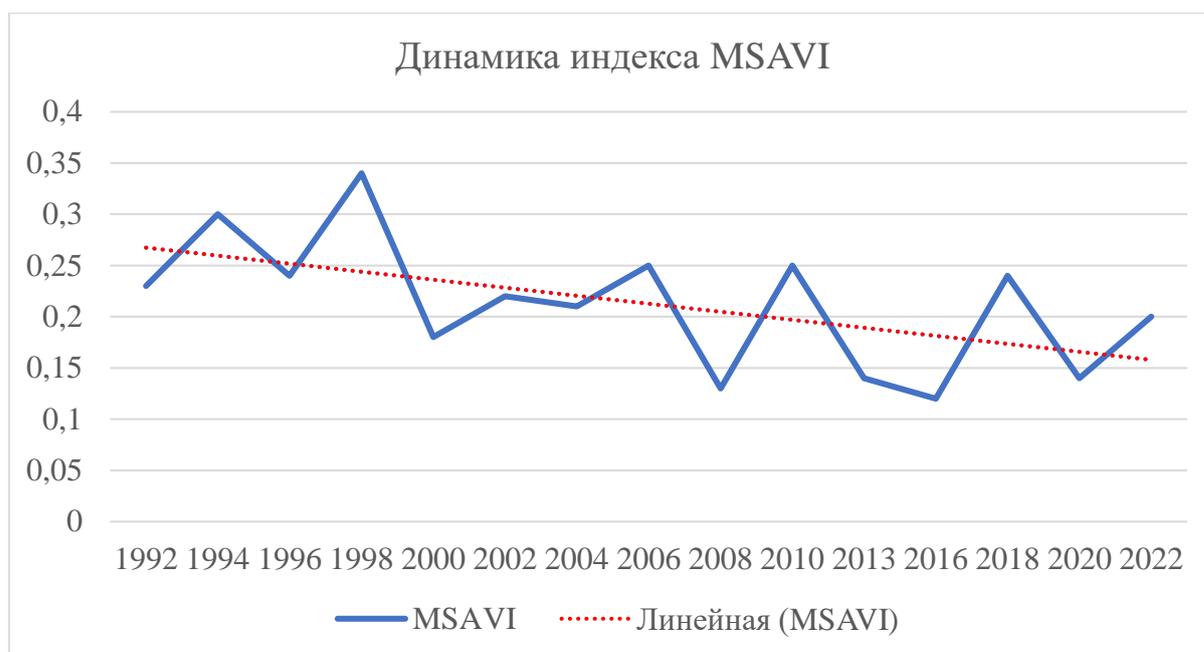


Рисунок 29 – Изменение индекса MSAVI за весенний сезон наблюдений за весенний сезон наблюдений на территории второго контрольного участка в Кара–Суйском районе

В 2018 году был отмечен рост до 0,24, в 2020 новое падение до 0,14 и за предыдущий 2022 год был зафиксирован рост до 0,2. Линия тренда показывает падение индекса за многолетние наблюдения. Подъем значений MSAVI в 1998, 2010 и 2018 годах объясняется выпавшими осадками перед съемкой местности, что повлияло на количество и размеры фитоценозов. Линия тренда также фиксирует падение средних значений индекса от значений соответствующим редколесьям в 1992 году до травянистой растительности в 2022.

Значение индекса NDVI (Рисунок 30) в летний период на данном участке в начале наблюдений в 1992 году было наибольшим за всю историю, тогда величина составила 0,38 пунктов. В последующем в 1994 году индекс снизился до значений в 0,18 пункта. В 1996 году индекс немного подрос до 0,2 и ещё больший рост показал в 1998 году поднявшись до 0,31 пункта. С 2000 года индекс находится в стабильном состоянии так в 2000, в 2002, 2004, 2006 годах его величина составила 0,13 пункта, немного опустился ниже лишь в 2008 до 0,11 и вновь выросла в 2010 году до 0,18.

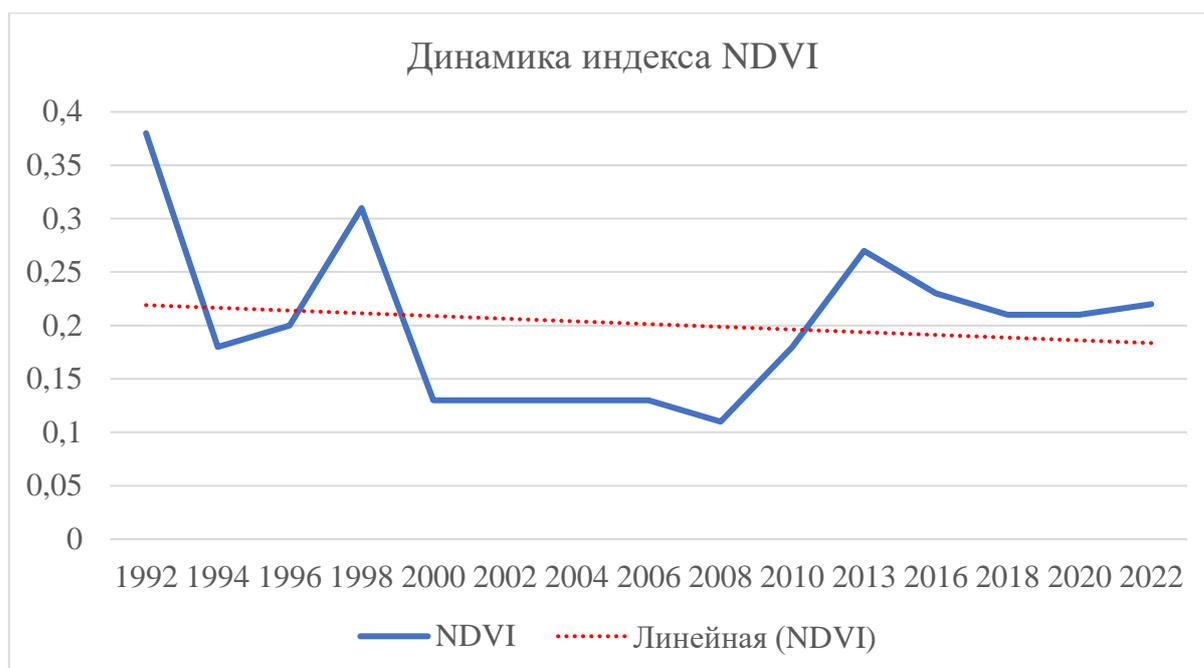


Рисунок 30 – Изменение индекса NDVI за летний сезон наблюдений на территории второго контрольного участка в Кара–Суйском районе

Последующее десятилетие охарактеризовалось ростом NDVI 2013 году до 0,27, с 2016 года значение находится в стабильности оставаясь в пределах 0,1 пункта так в 2016 году величина составила 0,23 пункта, в 2018 году 0,21, в 2020 году 0,21 и в 2022 0,22 пункта. Линия тренда NDVI демонстрирует падение вегетационного индекса за период наблюдений.

Индекс MSAVI (Рисунок 31) демонстрирует аналогичную картину так в 1992 году его значение оставило 0,2 пункта, наиболее высокое значение индекса за все наблюдения, оно сократилось в 1994 году до 0,1. В 1996 году показывает сходную величину в 0,1 пункта, отмечается небольшой рост в 1998 году до 0,16 и падение 2000 году до 0,07. В 2000–е годы значение вегетационного индекса остаётся в течение 6 лет на одном уровне, так в 2002, 2004, 2006 годах величина MSAVI составила 0,08. В 2008 году небольшое падение до 0,06. А в 2010 году отмечен подъём до 0,1, 2013 до 0,14. Небольшое падение зафиксированно в 2016 году до 0,12 пункта. В 2018, 2020 и 2022 годах значение индекса составило 0,13, 0,12 0,13 соответственно. Средняя MSAVI за 30 лет наблюдений сократилась почти на четверть. Линия тренда отображает слабую динамику на снижение.

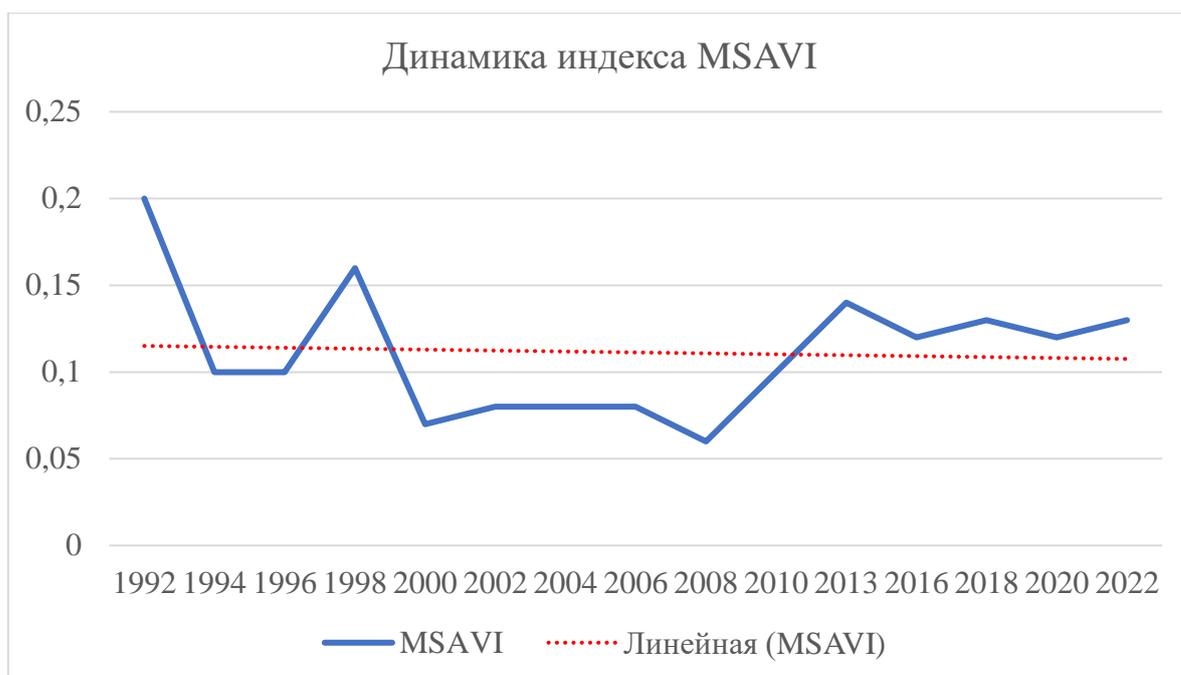


Рисунок 31 – Изменение индекса MSAVI за летний сезон наблюдений на территории второго контрольного участка в Кара–Суйском районе

На обоих графиках вегетационных индексов отмечается рост значений в 1998 году, данный пик, объясняется большим количеством осадков перед проведением съемки территорий. Также спектральные индексы NDVI и MSAVI с 2008 года показывают рост значений, что по литературным источникам показывает улучшение режима водопользования, постепенное возвращение природоохранных мероприятий по высадке саженцев деревьев и укрепления склонов кустарниковой растительностью [123].

В данное время на выбранном территориальном участке во время полевого выезда отмечена хозяйственная деятельность, местные жители используют холмы под выпас скота и сбор орехов, что может в дальнейшем негативно отразится на биоразнообразии ключевого участка .

Третьим ключевым участком стали территории административной единицы муниципалитета города Ош, Тепе–Коргонского айыльного аймака (Рисунок 32). На данном участке в летний сезон многолетних наблюдений с помощью алгоритма Change Detection был зафиксирован рост вегетационных индексов, что может свидетельствовать о росте растительных покровов, в том числе благодаря деятельности человека.

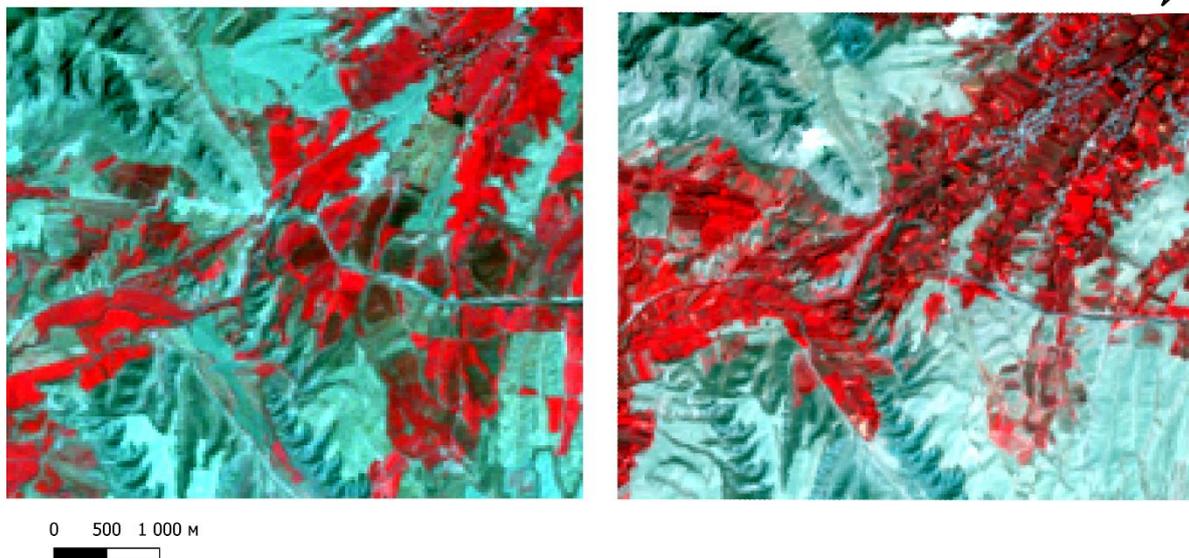


Рисунок 32 – Карта контрольного участка в Тепе–Коргонском айылном аймаке в 1992 и 2022 года, Landsat 5, 9 в псевдоцвете за 1992 и 2022 года

Индекс NDVI в весенние месяцы многолетних наблюдений (Рисунок 33) отражает с 1992 года следующее значение в 0,37 пункта, данный год выбран в качестве точки начала изменений, после чего в 1994 году оно немного растёт до 0,38, а в 1996 году отмечается повышение вегетационного индекса до 0,44 пунктов. В 1998 году отмечено максимальное значение за все наблюдения в 0,55 пункта. А в 2000 году произошло падение величины индекса до величины в 0,3 пункта, в 2002 году вновь зафиксирован рост значений до 0,38 пункта, 2004 году падение до 0,33. Отмечается новое повышение величины в 2006 году до 0,35, также понижение до 0,24 в 2008 году

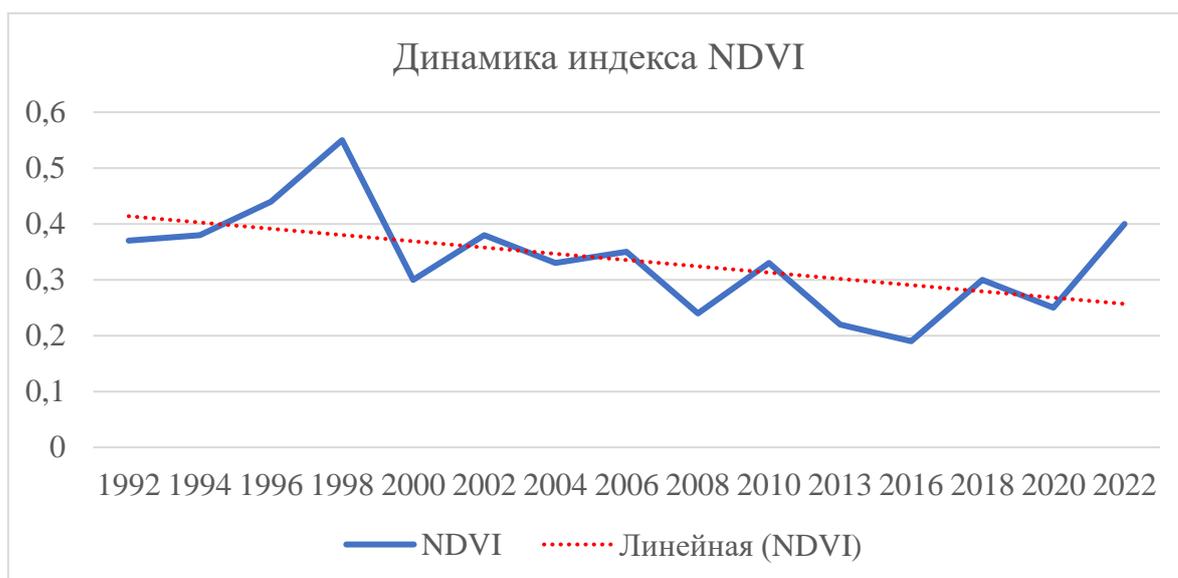


Рисунок 33 – Изменение индекса NDVI за весенний сезон наблюдений на контрольном участке в Тепе–Коргонском айылном аймаке

Нормализованный вегетационный показатель повысился в 2010 году до 0,33 пункта и в новом десятилетии произошло падение NDVI до 0,22 пунктов в 2013 году, до нуля целых 0,19 в 2016 году, и повышение вегетационного индекса до 0,4 в 2018 году. В последние 3 года зафиксировано новое падение в 2020 до 0,25 пункта и повышение в 2022 до 0,4 пункта. Резкий пик в 1998 году обусловлен большим количеством осадков выпавших пере съемкой территории со спутника [120]. Линия тренда отображает общее падение динамики индекса, однако к 2022 году, средняя индекса вернулась к первоначальным значениям.

Индекс MSAVI (Рисунок 34) показывает нам схожую динамику, но с некоторыми отличиями так: в 1992 году его значение составило 0,24 пункта, в 1994 году случилось небольшое понижение до 0,23, ещё ниже он опустился в 1996 году до значения 0,19 пунктов. Однако большой подъём был зафиксирован в 1998 году до значения 0,33, что является самым высоким значением за всю историю наблюдения. В 2000 году индекс показал падение фиксируемой величины до 0,17. В 2002 году его значение составило 0,23 пункта, а в 2004 и 2006 годах была отсутствие динамики со значениями в 0,22.

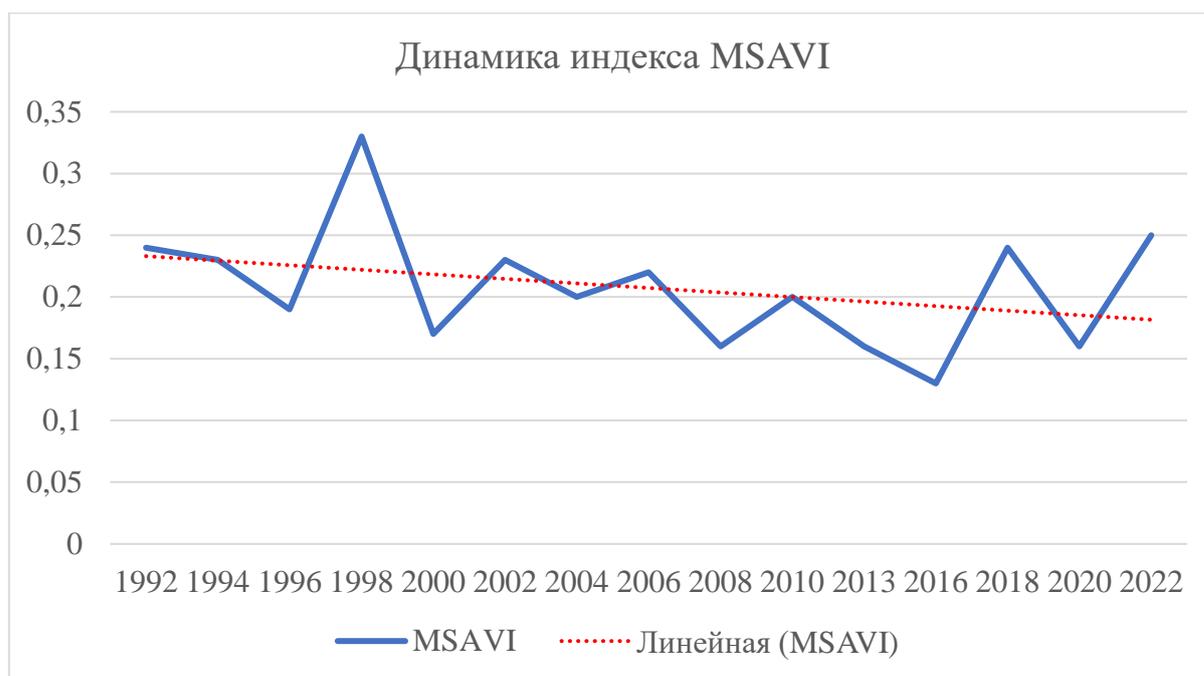


Рисунок 34 – Изменение индекса MSAVI за весенний сезон наблюдений контрольного участка в Тепе-Коргонском айылном аймаке

Небольшое падение индекса до 0,16 было отмечено в 2008 году, после зафиксирован рост до 0,2 пунктов в 2010 году и новое падение MSAVI до 0,16 в 2013 и 2016 годах В последние 6 лет индекс показывает рост в 2018 году до 0,24 пунктов, падение в 2020 до 0,16 и новое повышение значений до 0,25 в 2022 году. Линия тренда отображает спад индекса MSAVI за весенние месяцы многолетних наблюдений.

Индекс NDVI в летний сезон наблюдений (Рисунок 35) отражает следующую динамику: с начала наблюдений в 1992 году его значение с 0,45 падает до 0,29 в 1994 году, в 1996 году оно опускается чуть ниже до 0,28 и вновь показывают рост в 1998 году до 0,35. Новое десятилетие отмечается снижением вегетационного индекса: так в 2000 году оно составило 0,23 пункта, в 2002 и 2004 годах величина отмечена на значении в 0,22, в 2006 и 2008 году значение NDVI составило 0,23 и немного увеличилось в 2010 до 0,28.

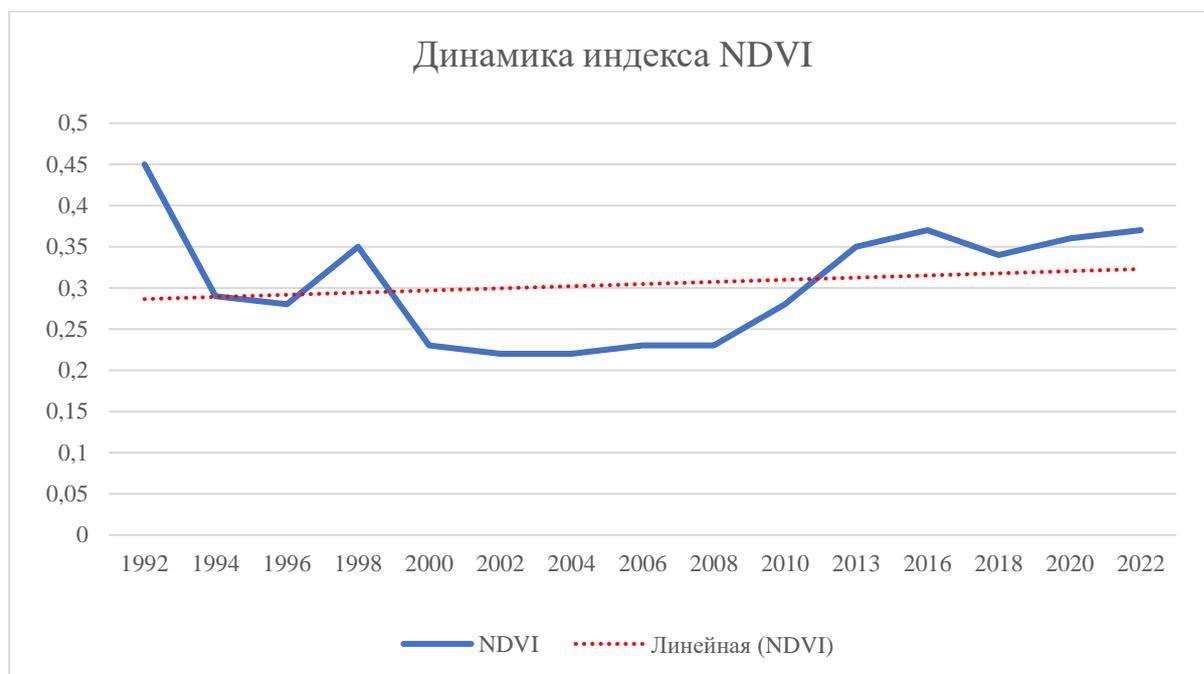


Рисунок 35 – Изменение индекса NDVI за летний сезон наблюдений контрольного участка в Тепе–Коргонском айылном аймаке

Повышение вегетационного индекса до значения 0,35 происходило в 2013 году, еще выше до 0,37 пунктов возрос индекс в 2016 году, затем немного опустился в 2018 году до 0,34 пунктов, в 2020 году вновь повышение до 0,36 и в прошлом году 2022 его значение было зафиксировано на уровне 0,37 пунктов. Линия тренда NDVI за период наблюдений фиксирует рост вегетационного индекса и возвращение средних значений индекса к 2022 году до первоначальных значений 1992 года.

На примере показателей индекса MSAVI в летние сезон наблюдений (Рисунок 36) отражается более возрастающая динамика. С 1992 года его величина показывала значение в 0,26 пунктов, в 1994 году произошло его падение до 0,17, ещё ниже он упал в 1996 году до 0,16. После чего отмечен рост MSAVI в 1998 году до 0,2 и новое падение в 2000 году до 0,12, что явилось минимумом за историю наблюдений. В 2002 и 2004 годах его значение составило 0,13 пунктов. В 2006 и 2008 годах оно составило 0,16 и 0,15 соответственно. Величина вегетационного индекса в 2010 году осталась на прежнем уровне составив 0,16.

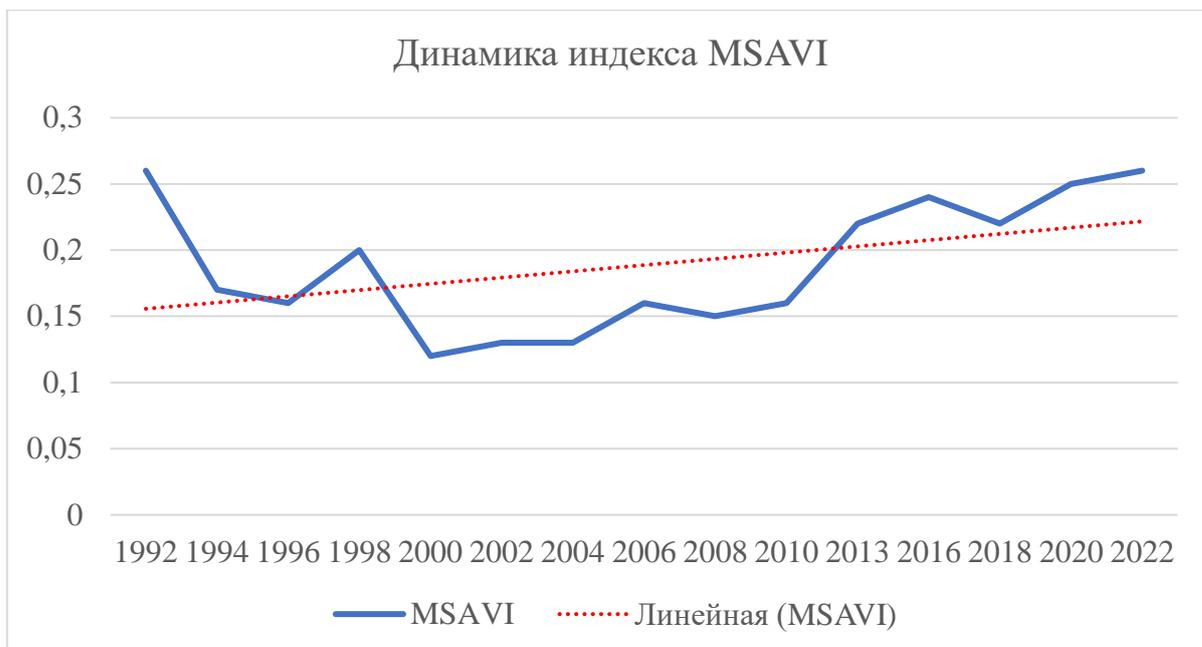


Рисунок 36 – Изменение индекса MSAVI за летний сезон наблюдений контрольного участка в Тепе–Коргонском айылном аймаке

В новом десятилетии отмечается рост вегетационного индекса до 0,22 пунктов в 2013 года, до 0,24 возрос MSAVI в 2016 году, далее последовало небольшое падение величины в 2017 году до 0,22 и новый рост в 2020 и 2022 года до 0,25 и 0,26 пунктов соответственно. С 1992 по 2022 года, после спада в 2000–х годах среднее значение индекса восстановилось к первоначальным значениям. Линия тренда отражает рост вегетативного индекса.

Растущая динамика спектральных индексов NDVI и MSAVI в летний период многолетних наблюдений на территории контрольного участка Тепе–Коргон, отличается от других ключевых участков, тем что в 2000–х годах в данной местности происходит увеличение количества сельскохозяйственных угодий, улучшается ирригация и благодаря усилиям муниципалитета производятся работы по природоохранной деятельности [123].

3.4 Многолетние изменения площади растительных покровов, рассчитанные на основе классов растительности

Использование табличного калькулятора в программе ArcGIS Pro позволило произвести расчёты площади типов растительного покрова. Данные для индексов были объединены в выборки по годам и на них была отражена динамика площадей различных типов растительного покрова. Сравнение сезонных многолетних данных по площади позволило углубить исследование.

3.4.1 Изменения площадей классов растительного весеннего сезона наблюдений в районе города Ош и их тенденции

Вычисления классифицированного растра, для каждого из классов растительности по пикселям в программе ArcGIS Pro позволило выявить динамику изменения площади растительных покровов. В качестве сравнительного показателя была выбраны следующие типы растительности (Рисунок 37). Стоит отметить, что вегетационные индексы представленные в исследовании могут отражать разную динамику в следствии условий для съемки.

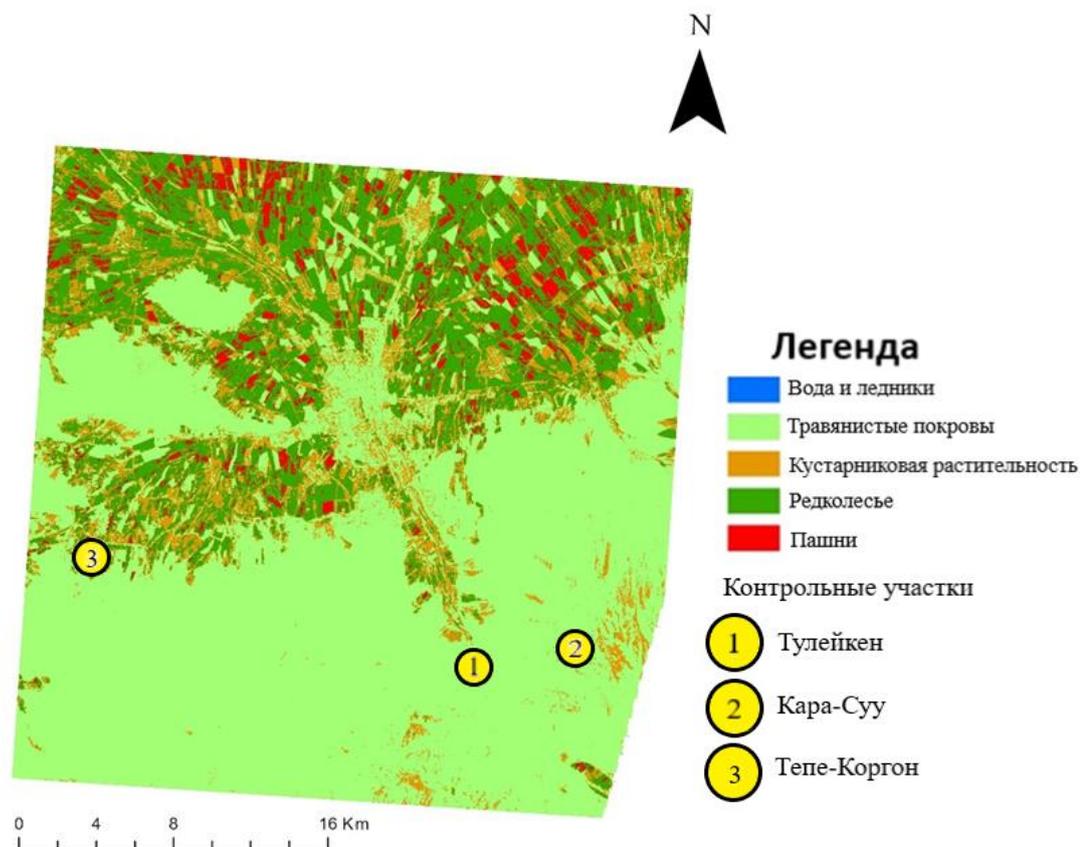


Рисунок 37 – Классифицированная карта тематического растра с ключевыми участками на территории исследования по вегетационному индексу MSAVI за 1992 год

С начала наблюдений в 90–х годах (Рисунок 38) площадь травянистого покрова постепенно падает так в 1992 году на территории исследования было отмечено 526 км², наименьшим за десятилетие стал 1994 год с падением травянистой растительности на 65% до 342 км². В 2000 году растительность возвращается к первоначальным значениям до 506 км². В 2000–е годы отмечены следующие падения в 2006 году на 54% до 244 км² и в 2010 году на 13% до 461 км². Зафиксированы и увеличения, в 2008 на 138% до 726 км².

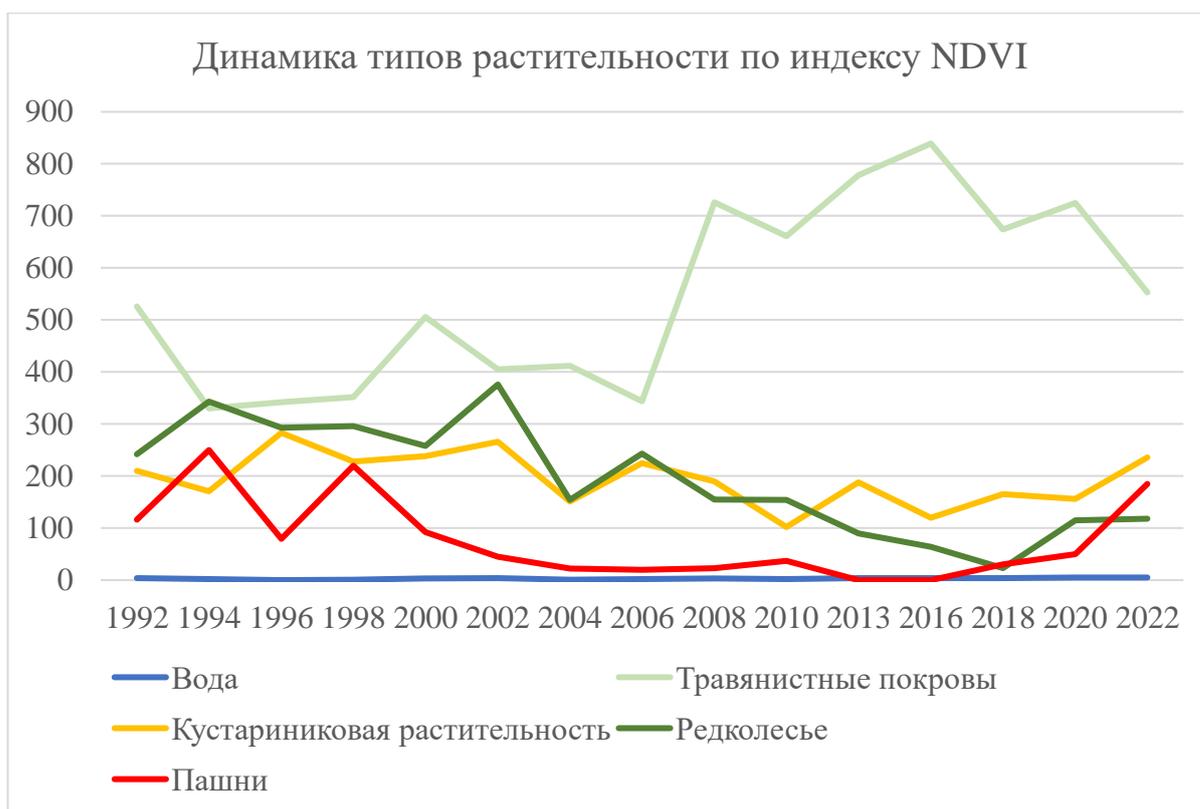


Рисунок 38 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории города Ош и его окрестностей за весенний сезон многолетних наблюдений по индексу NDVI

Наибольшие значения для данного класса растительности отмечены в 2016 году тогда площадь травянистых покровов выросла относительно 1992 года на 159% до 839 км². С 2020 года в данный сезон наблюдений покровы сокращаются. Площади кустарников и лесистой местности с начала исследования по 210 и 242 км² соответственно показывали рост в 90–е годы, у кустарников пик за все годы отмечен в 1996 году рост на 134% до 283 км², у лесистой местности в 1994 году рост на 141% до 343 км². В 2000–е годы зафиксирован пик лесистой местности в 2002 году до 376 км² наибольшего значения за всю историю наблюдений. В течении десятилетия динамика для данных типов растительности идет на спад до минимального значения у кустарников в 2010 году падение на 52% до 102 км². У лесистой местности до спад на 88% до 30 км² в 2018 году. В последние 5 лет площади данных типов растительности увеличиваются. Пашни демонстрируют рост в 1994 и 1998 годах на 215% и 189% до 250 и 210 км² соответственно. В период с 2013 по 2016 данного класса растительности зафиксировано не было. Но с 2018 года происходит увеличение площади пашни.

Вычисления произведенные по индексу MSAVI (Рисунок 39) в 90–х годах показали, что площадь травянистого покрова сокращалась относительно 1992 года и его величины в 808 км² на 27% в 1994 году до 596 км² и в 1998 году на 24% до 616 км. С начала 2000–х

годов происходил спад на 42% до минимальных значений за все наблюдения в 2006 году в 474 км². Резкий рост отмечен в 2008 до 111% от первоначальной площади до 900 км². И схожий рост в 2013 на 110% до 899 км². В 2016 величина достигла максимальных значений до 931 км². С 2020 года фиксируется спад на 20% до 652 км².



Рисунок 39 – Динамика площадей типов растительного покрова на территории города Ош и его окрестностей за весенний сезон многолетних наблюдений по индексу MSAVI

Также в 90–х годах отмечены максимальные значения по площади для кустарников в 1996 году рост на 178% до 292 км². Для лесистой местности в 1994 году рост на 188% до 166 км². И для пашни рост на 287% до 95 км² в 1998 году. В 2000–е годы площадь всех типов растительности, кроме травянистой сокращалась минимум был зафиксирован в 2016 году. Однако с 2020 года отмечается подъем площади для кустарников, лесистой местности и пашен.

3.4.2 Изменения площадей классов растительности летнего сезона наблюдений в районе города Ош и их тенденции

Многолетняя динамика для летнего сезона наблюдения типов растительности основанных на классификации раstra по индексу NDVI (Рисунок 40) фиксирует рост травянистых покровов в 90–х годах с 429 км² в 1992 году на 162%, отмеченных в 1994 году величиной в 696 км² и максимумом за десятилетие в 1998 когда рост составил 170% до 733 км². Резкие спады площади отмечены в 1998 и 2006 годах, однако даже такие сокращения

всё равно больше чем первоначальная площадь данного типа покровов в 1992 году, до 538 км² и 568 км² соответственно. Наибольшее значение отмечено в 2000 году рост по сравнению с 1992 годом на 194% до 835 км². С 2013 года данный тип растительности приближается к покрытию в 700 км² с тенденцией на рост. Площадь кустарников сокращается с 336 км² в 1992 до 103 км² в 1996 году, на 70% соответственно. Пик в 1998 году с увеличением покрытия до 208 км², однако что 40% меньше первоначальных значений.

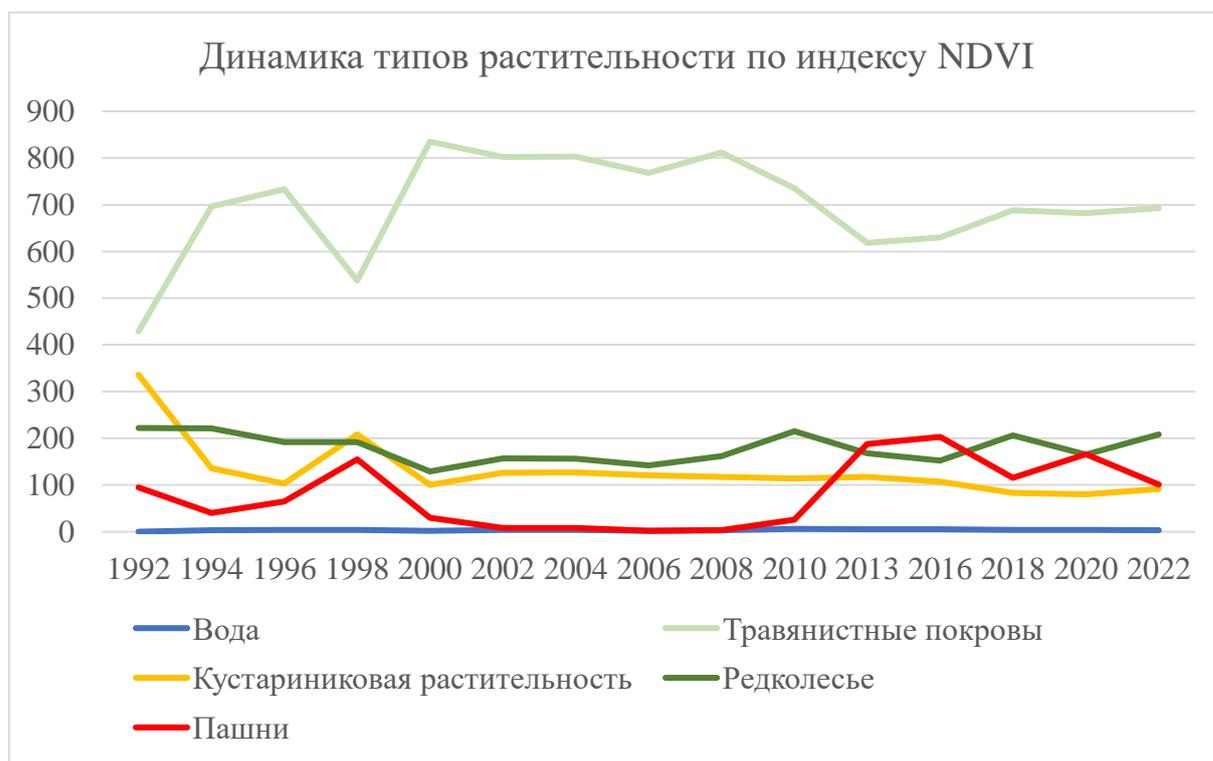


Рисунок 40 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории города Ош и его окрестностей за летний сезон многолетних наблюдений по индексу NDVI

Данный рост совпадает и с ростом площади пашни, которые от 95 км² в 1992 году выросли к 1998 на 163%. Наибольший рост на 213% площадей для территорий занятых пашнями отмечен в 2016 году, до 203 км². Для кустарников характерна слабая динамика в 2000–е и 2010–е годы близкая к значению в 100 км². Лесистая местность показывает также возвращение к первоначальным значениям в 200 км².

Исследование многолетних наблюдений вегетационного индекса MSAVI (Рисунок 41) показало следующую картину для различных типов растительного покрова. С 1992 года по 2000 года площадь травянистых покровов выросла на 148% до 976 км². В новом десятилетии отмечено сокращение площадей в 2006 году от 962 км² в 2004 году до 841 км² в 2006. В дальнейшем площадь выросла до 915 км² в 2010 году, но в 2010–х площадь вновь сократилась и держится вблизи 800 км².

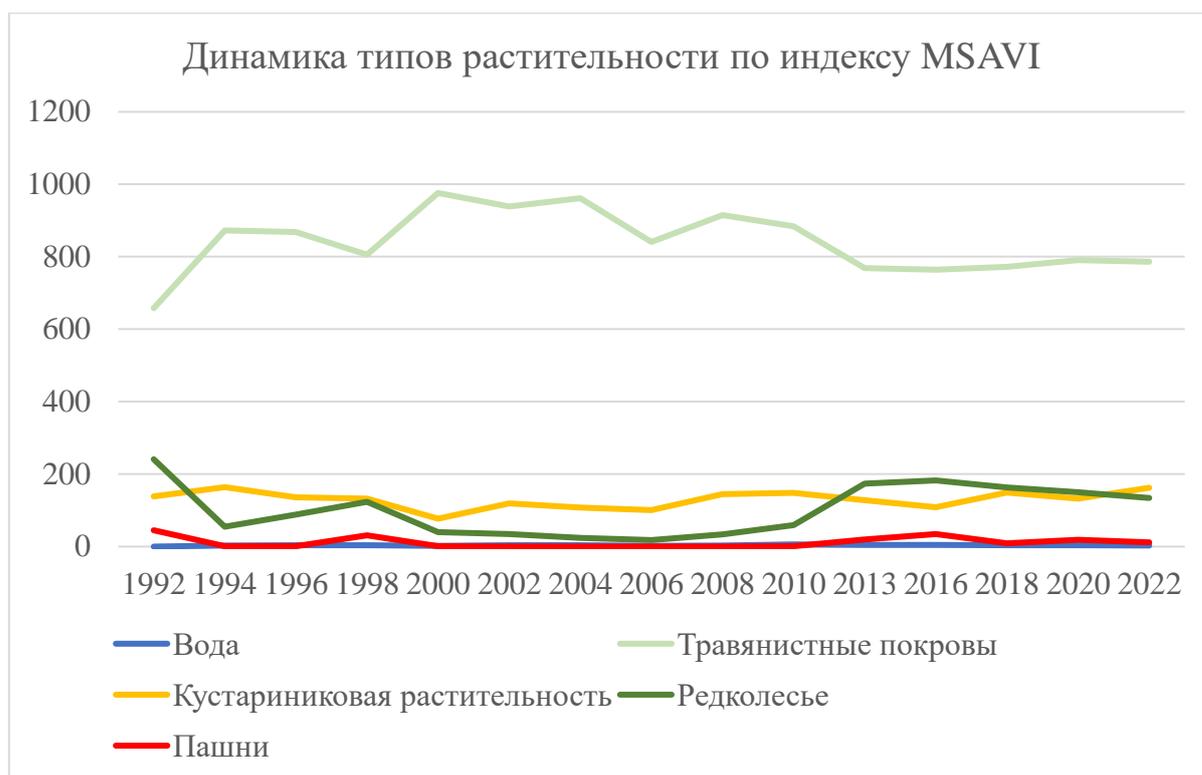


Рисунок 41 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории города Ош и его окрестностей за летний сезон многолетних наблюдений по индексу MSAVI

Территории, покрытые кустарниками отмечены пиками роста в 1998 году на 117% до 164 км² и в 2018 на 107% до 149 км². Наименьшие значения зафиксированы в 2000 и 2006 годах 77 км² и 63 км². Лесистая местность показывает негативную динамику в 90–х и в 2000–х годах. С 1992 по 2000 годы площади сократились на 74% от 241 км² до 40 км². Следующее десятилетие характеризовалось отсутствием явной динамики, но уже с 2010 года площади растут от 59 км² до 134 км² в 2022 году. Площадь территории пашни незначительна и практически отсутствует.

Использование данного индекса также позволило оценить количество территорий с открытой почвой на исследуемом регионе. Что немаловажно при оценке динамики в начале вегетационного периода растительности.

3.4.3 Изменения площадей вегетационных индексов на ключевых участках наблюдений

Использование классифицированных растров и расчёт показателей для различных типов растительности на ключевых участках позволит лучше и более глубоко взглянуть на динамику растительного покрова. Согласно данным по площади растительных покровов полученных на основе расчета пикселей для классов в табличном калькуляторе программы ArcGis Pro была получена следующая динамика в весенний сезон многолетних наблюдений

(Рисунок 42). В качестве эталона был выбран 1992 год начала фиксации территории спутниковой системой Landsat.

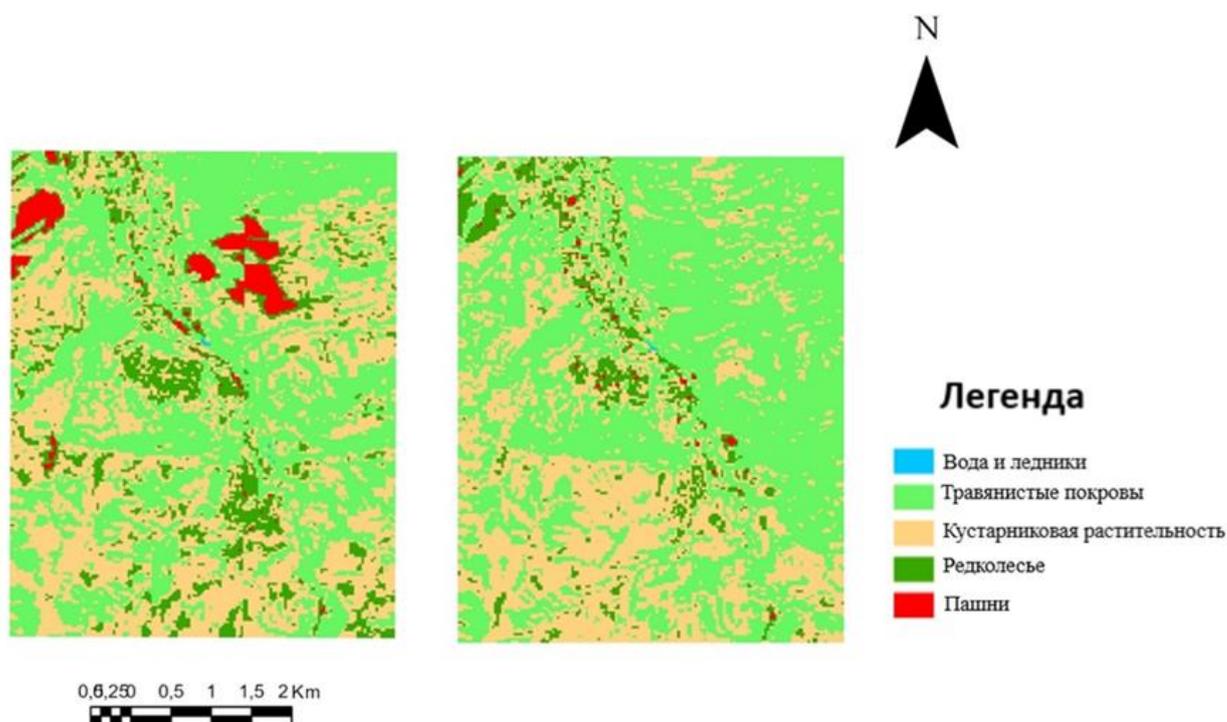


Рисунок 42 – Карта типов растительности по индексу MSAVI за 1992 и 2022 годы на территории контрольного участка Тулейкен

Однако проводя исследование было отмечено, что на данных ключевых участках значения площадей растительности рассчитанные по индексу NDVI показывают сбивчивую и резкую динамику, что ставит под сомнение возможность дальнейшей обработки результатов по данному индексу на ключевых участках. Поэтому описание динамики площади для различных типов растительности было решено проводить по индексу MSAVI (Рисунок 43).

Таким образом площадь травянистых покровов составила 1 км², для кустарников она составила 3 км², для лесистой местности 11 км², для территорий занятых пашней 13 км². Уже в следующие 4 года отмечен резкий спад для всех типов растительного покрова, кроме трав, так к 1996 году, площадь кустарников упала на 67% до 1 км², площадь лесистых участков и пашни на 99%. В то время площадь трав увеличилась в 27 раз до 27 км².



Рисунок 43 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории контрольного участка Тулейкен за весенний сезон многолетних наблюдений по индексу MSAVI

Данный спад был связан с уходом человека из данных мест после развала СССР, нарушением ирригации, постепенным переходом от земледелия к скотоводству местного населения. В 2000–е годы травянистые покровы не сокращаются меньше 23 км². В то время как кустарники увеличивают площади в 2002 и 2010 годах до 6 и 5 км², однако в последующем их площади снова сокращаются. Лесистая местность в эти года также показывает слабые пики до величины в 1 км². В последние 2 года фиксируется слабый рост кустарников и лесистых местностей и небольшое сокращение травянистых покровов.

В летний период наблюдений также подтверждается падение площадей различных типов растительности (Рисунок 44). Однако ввиду фенологии растительных сообществ для данного периода года пашни не регистрируются данными дистанционного зондирования. В 1992 году отмечается 15 км² травянистых покровов, 13 км² кустарников, 1 км² для лесистой местности.

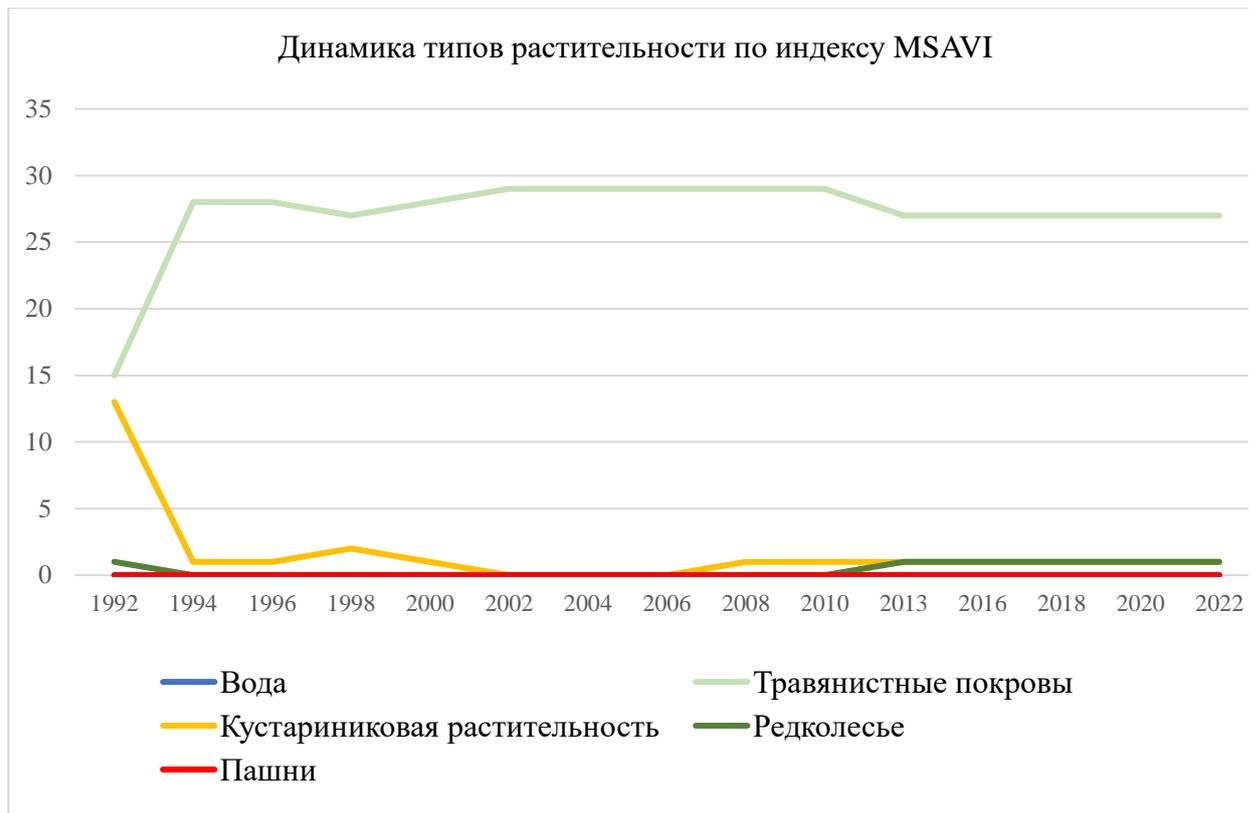


Рисунок 44 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории контрольного участка Тулейкен за весенний сезон многолетних наблюдений по индексу MSAVI

Уже к 1994 году площадь трав вырастает на 180% до 28 км², а кустарников падает на 93% до 1 км². Лесистой местности при расчете площади зафиксировано не было. С 1998 года площадь травянистых покровов не опускается ниже 27 км². С 2008 года площадь кустарников стабильна и составляет 1 км², для лесистой местности с 2013 года отмечается каждый год по 1 км².

Территории покрытые растительностью второго ключевого участка расположенного на холмах Кара–Суйского района вблизи айыла Гагарин, также показали динамику в сторону деградации лесов и кустарников (Рисунок 45).

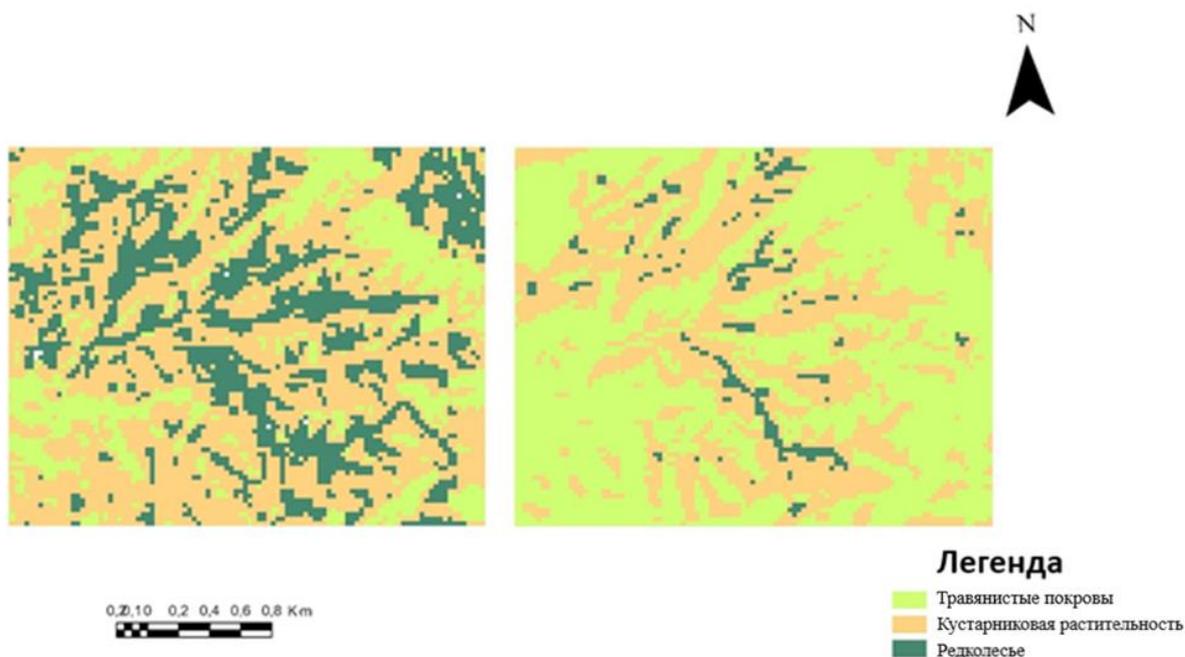


Рисунок 45 – Карта типов растительности по индексу MSAVI за 1992 и 2022 годы на территории контрольного участка Кара–Суу

За весенний период многолетних наблюдений наблюдалось падение покрытия лесистой местности (Рисунок 46) на данном контрольном участке от 4 км² в 1992 году до менее 1 км² в 2000 году, рост отмечен в последние 2 года. Площадь кустарников выросла от 1 км² в контрольном 1992 году до 2 км² в 1994, но позже опустилась до прежнего значения. С 2004 по 2013 также фиксировалась в размере 2 км².



Рисунок 46 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории контрольного участка Кара–Суу за весенний сезон многолетних наблюдений по индексу MSAVI

Площадь же травянистых покровов неуклонно росла от 4 км² в 1992 году она выросла на 200% к 2013 году и составила 8 км². С 2016 года наблюдается постепенное падение.

Летний сезон многолетних наблюдений демонстрирует схожую по динамике картину для всех типов растительности (Рисунок 47).



Рисунок 47 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории контрольного участка Кара–Суу за летний сезон многолетних наблюдений по индексу MSAVI

Так с 1992 года увеличивается площадь растительности занятой травами с 5 км² до 7 км². С 2013 по 2016 отмечены максимальные значения в 8 км². Площадь кустарников падает с 1 км² до меньших значений и восстанавливается в 1998 году и остается на этом уровне до 2013 года, после замечено падение и вновь рост в 2018 году. Площадь лесистых территорий падает с 2 км² в 1992 году, до значений меньше 1 км² в 2000 году, однако с 2020 года фиксируется рост до 1 км².

Третий ключевой участок Тепе Коргонского айыльного аймака (Рисунок 48) вблизи западных границ города Оша, также показал динамику в сторону роста площади лесистых участков и пашен.

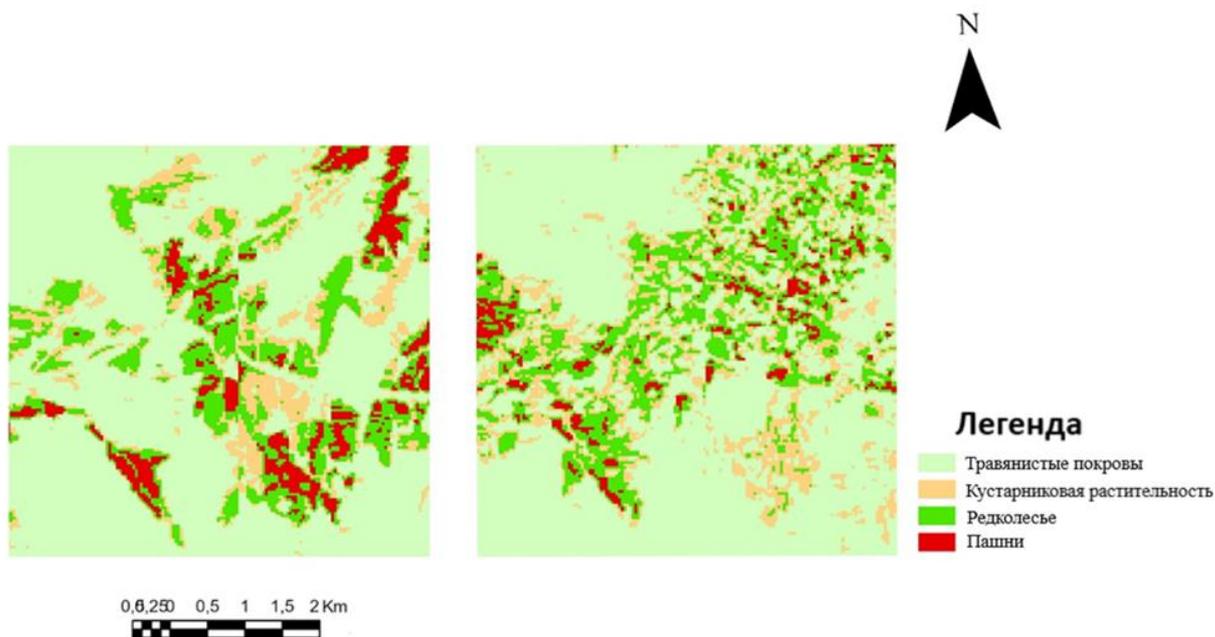


Рисунок 48 – Карта типов растительности по индексу MSAVI за 1992 и 2022 годы на территории контрольного участка Тепе–Коргон

Площадь травянистого покрова показывает рост (Рисунок 49) с 1992 по 1994 годы она остается без изменений составляя 16 км², она достигает пика к 1996 году увеличиваясь на 148% до 23 км². В 2000–е годы покрытие сокращается и достигает минимума в 2006 году упав на 32% до 11 км². После чего до 2016 года вновь происходит рост площадей, сменяющийся к 2022 году спадом до первоначальных значений в 15 км². Кустарники показывают рост в 2002 и 2006 годах, их величина от 2 км² в 1992 году вырастает до 8 и 6 км², после чего спад до первоначальных величин в 2008 году. С 2016 года постепенно растет площадь данного типа покровов до 5 км² в 2022.



Рисунок 49 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории контрольного участка Тепе–Коргон за весенний сезон многолетних наблюдений по индексу MSAVI

Лесистая местность и пашни с 1992 года по 2000 сократились от 4 и 2 км² до площади менее 1 км². Но с 2018 по настоящее время демонстрируют рост к первоначальным значениям.

В летний период многолетних наблюдений (Рисунок 50) наблюдаются более высокие значения по площади для кустарников, лесов и пашен. Территории покрытые травянистой растительностью увеличиваются на 153% от первоначальных 15 км² в 1992 году до 23 км² в 2002 году и новый спад к первоначальным значениям в 2022 году. Кустарники в площади сокращаются с первоначальных 5 км² до 1 км² в 2004 году. После отмечается рост до 6 км² в 2022 году. С 5 км² в 1992 году до значений меньше 1 км² в 2002 падает площадь лесов, но с 2010 отмечается рост до первоначальных значений. Пашни показывают рост динамики площади с 2018 года.



Рисунок 50 – Динамика площадей различных типов растительного покрова на территории контрольного участка Тепе-Коргон за летний сезон многолетних наблюдений по индексу MSAVI

Таким образом классификация значений по вегетационному индексу MSAVI помогла увидеть подробнее и четче изменения происходящие с фитоценозами в районе города Ош, на двух ключевых участках было подтверждено предположение о сокращении таких типов растительных покровов как: кустарники, редколесья и леса. Третий и второй ключевые участки показали тенденцию к восстановлению площадей описанных ранее типов покрова.

3.5 Данные ботанических исследований, проведенных в ходе полевых выездов на ключевые участки

По результатам полевого выезда на первый ключевой участок расположенном в окрестностях юга города Ош, микрорайона Тулейкен, стала следующая картина распределения растительности по жизненным формам. (Рисунок 51).

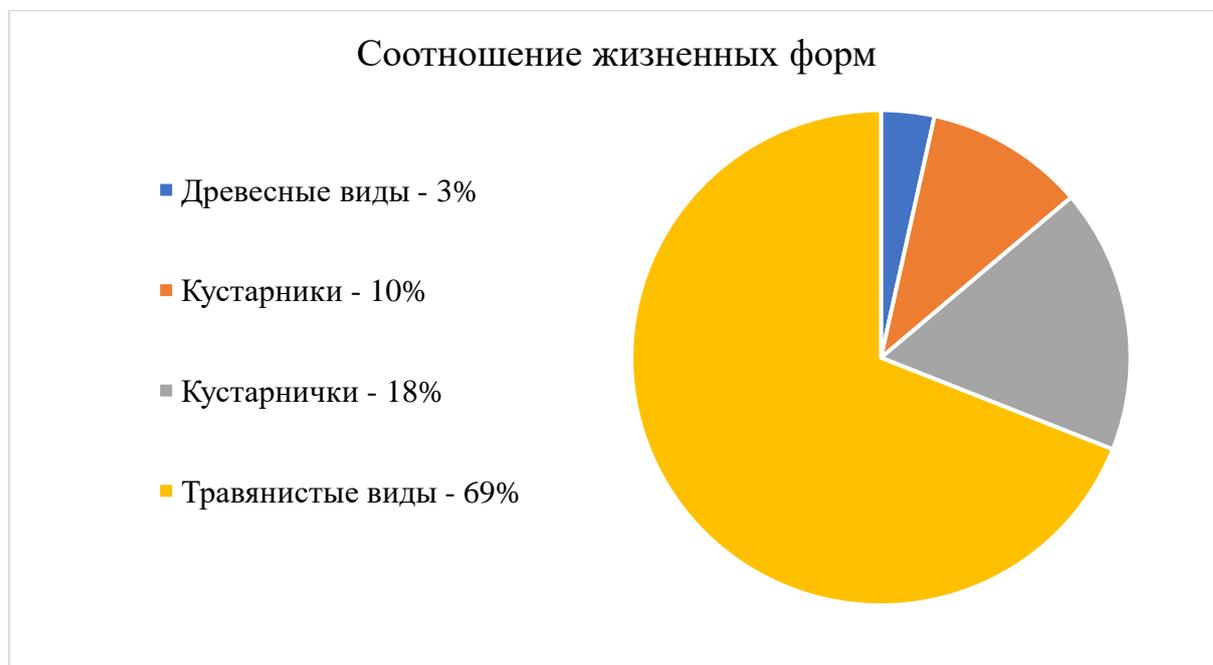


Рисунок 51 – Распределение жизненных форм видового состава растительного покрова ключевого участка Тулейкен по Серебрякову

Так среди описанных видов древесные растения – 1 вид: *Juniperus turkestanica* (Можжевельник туркестанский). Кустарники – 3 вида: *Rosa pimpinellifolia* (Шиповник бедренцеволистный), *Hippophae rhamnoides* L. (Облепиха обыкновенная), *Pistacia vera* L. (Фисташка настоящая). Кустарнички – 5 видов: *Salsola orientalis* (Солянка восточная), *Ephedra equisetina* (Хвойник хвощевый), *Camphorosma lessingii* (Камфоросма Лессинга), *Anabasis ferganica* (Ежовник ферганский), *Limonium suffruticosum* (Кермек полукустарничковый). И абсолютное большинство видов принадлежит к травянистым растениям – 19 видов: *Stipa caucasica* (Ковыль кавказский), *Artemisia tianschanica* (Полынь тьяншанская), *Acantholimon knorrningianum* Lincz. (Акантолимон Кнорринг), *Poa bulbosa* (Мятлик луковичный), *Bromopsis tectorum* (Кострец кровельный), *Crocus alatavicus* (Шафран алатавский), *Gagea lutea* (L.) Ker Gawl. (Гусиный лук желтый), *Papaver pavoninum* (Мак павлиный), *Bromus oxyodon* Schrenk (Костёр острозубый), *Hordeum bulbosum* (Ячмень луковичный), *Artemisia dracunculus* (Полынь эстрагон), *Ceratoides papposa* (Терескен серый), *Festuca kryloviana* (Овсяница Крылова), *Alyssum turkestanicum* (Бурачка туркестанского), *Festuca sulcata* (Овсяница бороздчатая), *Elytrigia repens* (Пырей ползучий),

Koeleria cristata (Тонконог тонкий), *Phleum phleoides* (Тимофеевка степная), *Campanula glomerata* (Колокольчик сборный), *Stachys betoniciflora* (Чистец буквицецветный)

В дальнейшем было определено отношение встретившихся видов к экологическим группам по отношению к влаге (Рисунок 52).

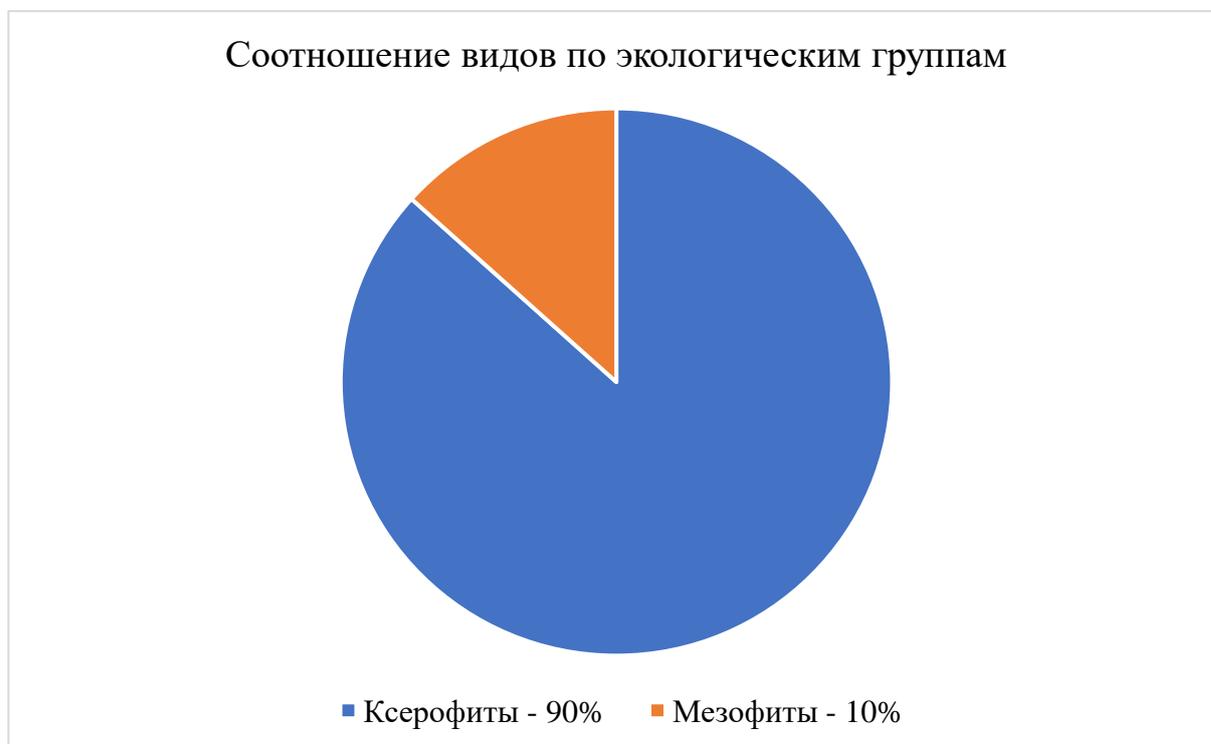


Рисунок 52 – Соотношение видового состава растительного покрова ключевого участка Тулейкен по экологическим группам

По данным выезда на ключевой участок зафиксировано большинство ксерофитных видов – 26 видов: *Juniperus turkestanica* (Можжевельник туркестанский), *Rosa pimpinellifolia* (Шиповник бедренцеволистный), *Hippophae rhamnoides* L. (Облепиха обыкновенная), *Pistacia vera* L. (Фисташка настоящая), *Salsola orientalis* (Солянка восточная), *Ephedra equisetina* (Хвойник хвощевый), *Camphorosma lessingii* (Камфоросма Лессинга), *Anabasis ferganica* (Ежовник ферганский), *Limonium suffruticosum* (Кермек полукустарничковый), *Stipa caucasica* (Ковыль кавказский), *Acantholimon knorringianum* Lincz. (Акантолимон Кнорринг), *Roa bulbosa* (Мятлик луковичный), *Bromopsis tectorum* (Кострец кровельный), *Gagea lutea* (L.) Ker Gawl. (Гусиный лук жёлтый), *Papaver pavoninum* (Мак павлиный), *Bromus oxyodon* Schrenk (Костёр острозубый), *Hordeum bulbosum* (Ячмень луковичный), *Artemisia dracunculus* (Полынь эстрагон), *Ceratoides papposa* (Терескен серый), *Festuca kryloviana* (Овсяница Крылова), *Alyssum turkestanicum* (Бурачка туркестанского), *Festuca sulcata* (Овсяница бороздчатая), *Elytrigia repens* (Пырей ползучий), *Koeleria cristata* (Тонконог тонкий), *Phleum phleoides* (Тимофеевка степная). Возле русел ручьев были найдены мезофиты – 4 вида: *Artemisia tianschanica* (Полынь тяньшанская), *Crocus alatavicus*

(Шафран алатавский), *Campanula glomerata* (Колокольчик сборный), *Stachys betoniciflora* (Чистец буквицецветный). В единичных случаях были зафиксированы высохшие представители культурных деревьев, такие как *Malus domestica* (Яблоня домашняя) и *Pyrus communis* L (Груша обыкновенная) оставшиеся после ухода человека из данных территорий

Согласно ряда авторов литературных источников [57, 62, 63] данный видовой состав на описанном ключевом участке в своем видовом разнообразии, жизненных форм и отношении к влажностному режиму характерен для опустыненных степей, экосистема которых расширяет свою площадь за счет других подтипов степной растительности из-за общей ксерофитизации климата и интенсивной хозяйственной деятельности.

По результатам полевого выезда на второй ключевой участок в Кара–Сууском районе Тулейкен, стала следующая картина (Рисунок 53).

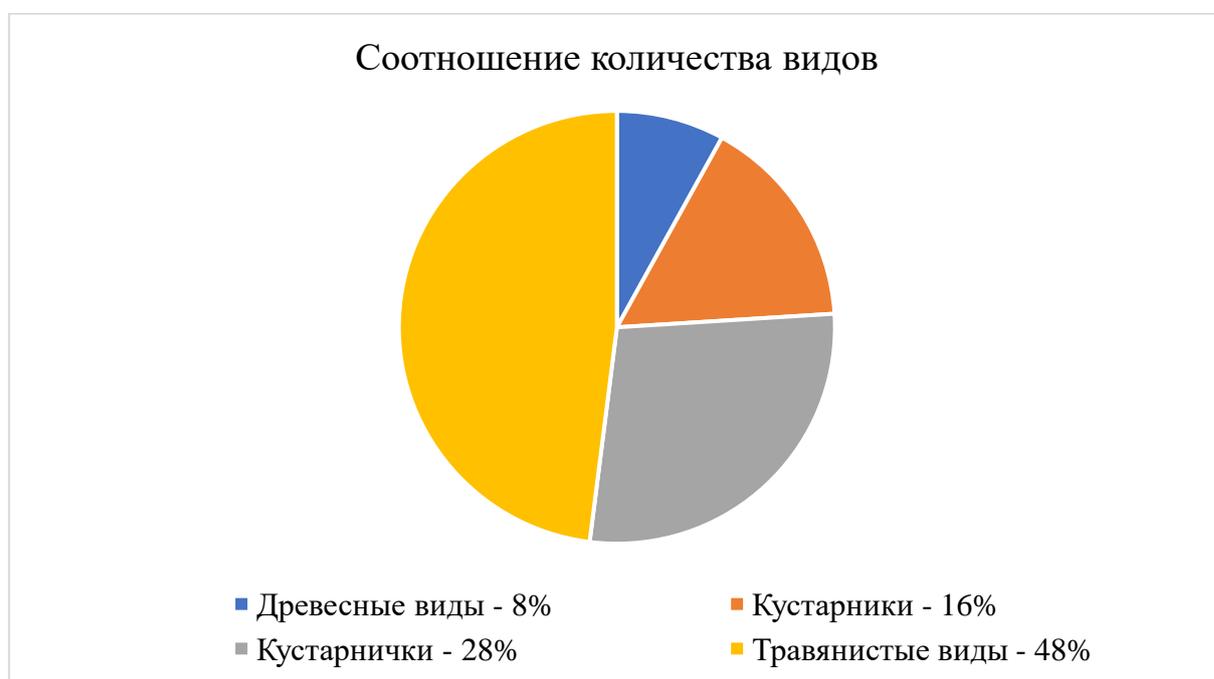


Рисунок 53 – Распределение жизненных форм видового состава растительного покрова ключевого участка Кара–Суу по Серебрякову

Во время выезда было отмечено следующее количество различных типов растительности, в качестве эталона была взята система жизненных форм по Серебрякову. Древесные виды – 2 вида: *Juniperus turkestanica* (Можжевельник туркестанский), *Juniperus semiglobosa* (Можжевельник полушаровидный). Кустарники – 4 вида: *Rosa pimpinellifolia* (Шиповник бедренцеволистный), *Spiraea hypericifolia* (Таволга зверобоелистная), *Hippophae rhamnoides* L. (Облепиха обыкновенная), *Zabelia corymbosa* (Regel & Schmalh.) Makino (Абелия щитковидная). Кустарнички – 7 видов: *Salsola orientalis* (Солянка восточная), *Suaeda physophora* (Сведа пузыреносная), *Sympegma regelii* (Симпегма Регеля),

Ephedra equisetina (Хвойник хвощевый), *Camphorosma lessingii* (Камфоросма Лессинга), *Anabasis ferganica* (Ежовник ферганский), *Artemisia ferganensis* (Полынь ферганская).

Травы: *Stipa saucasica* (Ковыль кавказский), *Artemisia tianschanica* (Полынь тьяншанская), *Acantholimon knorringianum* Lincz. (Акантолимон Кнорринг), *Poa bulbosa* (Мятлик луковичный), *Carex turkestanica* (Осока туркестанская), *Bromopsis tectorum* (Кострец кровельный), *Crocus alatavicus* (Шафран алатавский), *Gagea lutea* (L.) Ker Gawl. (Гусиный лук жёлтый), *Papaver pavoninum* (Мак павлиный), *Bromus oxyodon* Schrenk (Костёр острозубый), *Hordeum bulbosum* (Ячмень луковичный), *Artemisia dracunculus* (Полынь эстрагон)

Разделение описанных видов по экологическим группам (Рисунок 54) показало следующее:

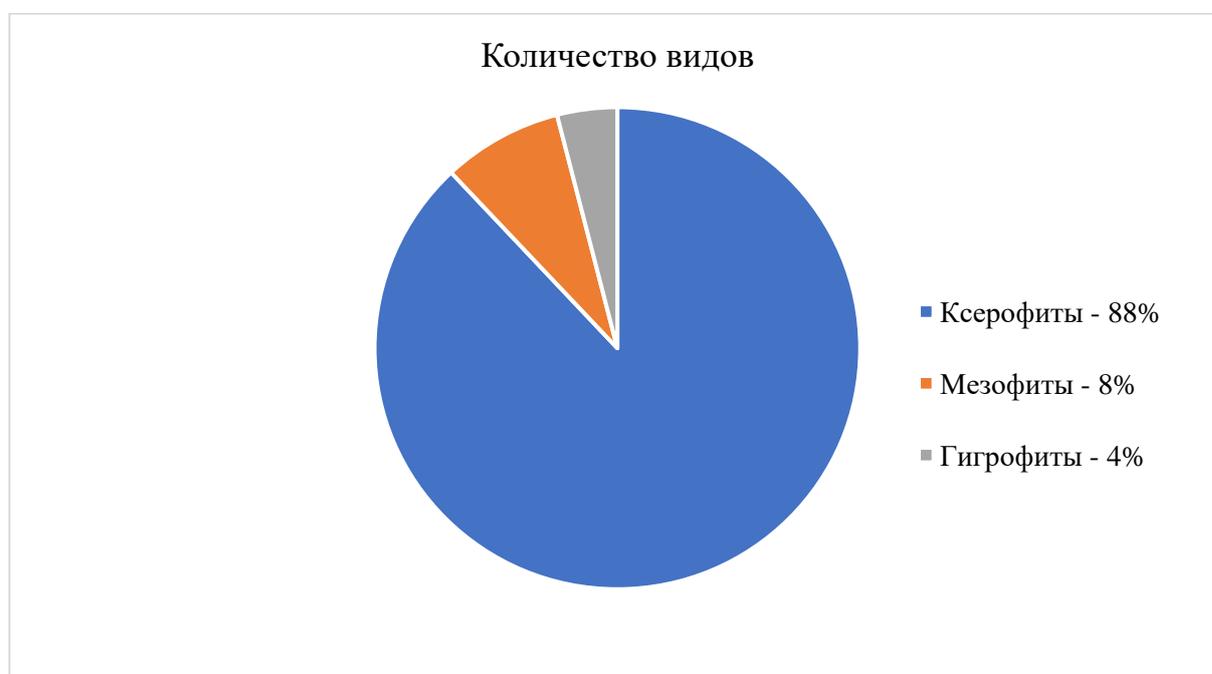


Рисунок 54 – Распределение жизненных форм видового состава растительного покрова ключевого участка Кара–Суу по экологическим группам

Общее количество ксерофитных видов показало большинство 22 вида, среди которых: *Juniperus turkestanica* (Можжевельник туркестанский), *Juniperus semiglobosa* (Можжевельник полушаровидный), *Rosa pimpinellifolia* (Шиповник бедренцеволистный), *Spiraea hypericifolia* (таволга зверобоелистная), *Hippophae rhamnoides* L. (Облепиха обыкновенная), *Zabelia corymbosa* (Regel & Schmalh.) Makino (Абелия щитковидная), *Salsola orientalis* (Солянка восточная), *Suaeda physophora* (Сведа пузыреносная), *Sympregma regelii* (Симпегма Регеля), *Ephedra equisetina* (Хвойник хвощевый), *Camphorosma lessingii* (Камфоросма Лессинга), *Anabasis ferganica* (Ежовник ферганский), *Artemisia ferganensis* (Полынь ферганская), *Stipa saucasica* (Ковыль кавказский), *Acantholimon knorringianum* Lincz. (Акантолимон Кнорринг), *Poa bulbosa* (Мятлик луковичный), *Gagea lutea* (L.) Ker

Gawl. (Гусиный лук жёлтый), *Paraver pavoninum* (Мак павлиный), *Bromus oxyodon* Schrenk (Костёр острозубый), *Hordeum bulbosum* (Ячмень луковичный), *Artemisia dracunculus* (Полынь эстрагон).

Зафиксировано 2 вида относящихся к мезофитам: *Artemisia tianschanica* (Полынь тьяншанская), *Crocus alatavicus* (Шафран алатавский). И один вид относящийся к гигрофитам – *Carex turkestanica* (Осока туркестанская).

Согласно ряда авторов литературных источников [57, 62, 63] данный видовой состав на описанном ключевом участке в своем видовом разнообразии, жизненных форм и отношении к влажностному режиму характерен для опустыненных степей, экосистема которых расширяет свою площадь за счет других подтипов степной растительности из-за общей ксерофитизации климата и интенсивной хозяйственной деятельности.

Отмечается, что ключевым участкам в микрорайоне Тулейкен и в Кара–Сууском районе присуще абсолютное большинство ксерофитных видов растительных сообществ, что подтверждает защищаемое положение о роли ксерофитных видов в деградации растительности в районе города Ош. Зафиксировано незначительное число мезо и гигрофитов. Главенствующие положение занимают такие жизненные формы как травы.

На ключевых участках в настоящее время проводится активная хозяйственная деятельность человека, во время выездов на ключевом участке Тулейкен было обнаружено большое количество стад мелкого и крупного рогатого скота, которые местные жители выпасают на территории бывшей природо–охранной территории, происходит на описываемой местности и строительство частных домов и хозяйственных построек, под земли которых расчищаются фитоценозы. На холмах второго ключевого участка Кара–Суу также происходит выпас скота и эксплуатация местными жителями редколесий из фисташки обыкновенной, орехи которой проживающие люди без разрешения властей продают на рынках. Бывший лес из можжевельника туркестанского существенно на территории данного контрольного участка люди использовали для строительства домов или отопления жилья. Данные выездов возможно предоставить органам местного самоуправления для проведения инвентаризации дикой природы и дальнейшей экологической экспертизы согласно закону Кыргызской Республики “О животном мире” от 17 июня 1999 года № 59 и закону «Об использовании и защите растительного мира» от 20 июня 2001 года № 53.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным литературных источников, полевых наблюдений на ключевых участках, а также космических снимков и специализированного программного обеспечения была проанализирована динамика развития растительных сообществ Ошской области, Кыргызской Республики в период с 1992 по 2022 года.

Изучены современные представления об исследовании динамики растительности с помощью геоинформационных технологий на глобальном и региональном уровнях. Рассмотрен мировой опыт изучения флористических сообществ их динамики и разнообразия в Кыргызстане.

Использование открытой базы космических снимков позволило получить необходимые для многолетнего анализа данные за весенний и летние сезоны, на которых отразились изучаемые фитоценозы и их тенденции к убыванию или росту. В качестве показателей количества растительных покровов были выбраны два спектральных индекса NDVI и MSAVI, включение в научную работу второго индекса позволило апробировать его использование на ключевых участках для лучшего подсчета динамики растительности.

Анализ изменения флористического покрова на космических снимках за период с 1992 по 2022 года проводился с использованием следующего программного обеспечения: QGIS версия 3.28 и ArcGIS Pro. Работа с QGIS проводилась на начальном этапе исследования, где благодаря, легкому в освоении инструментарию космические снимки были преобразованы в тематические растры с определенными границами обозреваемого района над которыми также была произведена атмосферная коррекция. На следующих этапах изыскания требовалось увеличение функциональных возможностей программного обеспечения, поэтому было решено проводить основные расчеты тематических растров на ключевых участках и в самом целом районе наблюдений уже с помощью программы ArcGIS Pro. Данные геоинформационные продукты хорошо зарекомендовали себя при работе с геоданными и позволили внедрить в научную деятельность новые цифровые методы, к примеру такие как: автоматизированный плагин для атмосферной коррекции изображений, модифицированный вегетационный индекс с поправкой на почву, инструменты классификации и переклассификации растра по табличным значениям, калькуляторы растров для вычета вегетационных индексов, использование алгоритма Change Detection для поиска многолетних изменений на различных участках территории исследования, калькулятор табличных значений для расчёта площадных единиц различных классов растительности, инструмент автоматизации вычислений и визуализации растров Model Builder.

Значения вегетационных индексов NDVI и MSAVI были подвергнуты статистическому анализу. Их многолетние средние значения на исследуемой территории и ключевых участках были объединены в ряды по сезонам весны и лета. После чего для лучшего понимания многолетней динамики и её причин проведены линии линейного тренда. На основании которых, по различным источникам, в том числе и выездам были даны объяснения и прогнозы. С данными площадей флористических сообществ, что были классифицированы нами на 5 классов, такие как: вода, травянистые покровы, кустарниковая растительность, редколесье и пашни, проведены операции, позволившие увидеть динамику подробнее. Однако, для апробации на ключевых участках не подошел вегетационный индекс NDVI, из-за особенностей физико-географического положения ключевых участков, в том числе климатических условий и фенологии растительных сообществ, расчет площади классов растительности не отражал типы растительного покрова и показывал прерывистую динамику многолетних изменений растительных сообществ.

На полученных результатах в виде графиков, диаграмм и тематических карт, были отмечены особенности и характеристики растительного покрова на ключевых участках территории. В качестве эталона наблюдений на выбранных участках был выбран 1992 год.

Охарактеризованна динамика растительных сообществ на исследуемой территории и показана их взаимосвязь с различными видами человеческой деятельности или иных факторов. Отмечается, что на всей территории исследования, на всех без исключения ключевых участках зафиксировано падение вегетационных индексов в 90-х годах, особенно заметно данное изменение на примере ключевого участка Тулейкен. На контрольных участках Кара-Суу и Тепе-Коргон также присутствует схожая динамика. Вегетационные индексы на упомянутых ранее территориях с середины 2010-х годов демонстрируют слабый рост. Особенно отличается Тепе-Коргон, где в летний сезон наблюдений рост индекса наблюдается сильнее. В использовании классификации значений вегетационных индексов позволило более детально проанализировать динамику растительного покрова. На ключевых участках Тулейкен, Кара-Суу, Тепе-Коргон, падение вегетационных индексов совпадает с сокращением площадей занимаемых кустарниковой растительностью и редколесьями, преобладают травянистые покровы. Участки Кара-Суу и Тепе-Коргон демонстрируют с середины 2010-х годов рост кустарниковых покровов и редколесий.

Полевые выезды на контрольные участки в микрорайоне Тулейкен и в Кара-Сууйском районе подтвердили третье второе и третье защищаемые положение. Таким образом, абсолютное большинство видов растительных сообществ на упомянутых ранее

участках – травянистые растения, ксерофиты. Зафиксированно незначительное число мезо и гигрофитов. Главенствующие положение занимают такие жизненные формы, как травы или кустарнички.

Во время выездов на ключевых участках отмечена хозяйственная деятельность человека, на ключевом участке Тулейкен было обнаружено большое количество стад мелкого и крупного рогатого скота, которые местные жители выпасают на территории бывшей природо–охранной территории, происходит строительство частных домов и хозяйственных построек, под земли которых расчищаются и вырубаются фитоценозы. На холмах второго ключевого участка Кара–Суу также происходит выпас скота и эксплуатация местными жителями редколесий из фисташки обыкновенной, плоды которой люди без разрешения властей продают на рынках. Бывший лес из можжевельника туркестанского существенно сократился на территории данного участка, проживающие в данном районе люди использовали для строительства домов или отопления жилья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аделунг А. С. Геологическая карта Средней Азии / А. С. Аделунг. – Ташкент, 1940. – 155 с.
2. Архангельский А. Д. Геологическое строение и история СССР / А. Д. Архангельский, – Москва: кн. 1, М, 1932. – С. 14–27.
3. Белоусов В. В. Общая геотектоника / В. В. Белоусов, М. Л. Аделунг, 1948. – С. 4–9.
4. Берг Л. С. Озеро Иссык–Куль. Землеведение / Л. С. Берг. – кн. 1–2, М, 1904. – 53 с.
5. Благообразов В. А. Бассейн реки Нарын / В. А. Благообразов, Л. Г. Бондарев [и др.] – Фрунзе, Изд. АН Киргиз. ССР, 1960. – С. 56–70.
6. Благообразов В. А. Распространение глинистого карста и формы карстового рельефа в Киргизии / В. А. Благообразов, М. И. Глушкова, // Работы Тянь Шаньской высокогорной физико–географической станции, 1962. – вып. V.– С. 72–80.
7. Бондарев Л. Г. Глинистый карст юго–западной части Иссык–Кульской котловины / Работы Тянь–Шаньской высокогорной физико–географической станции АН Киргиз ССР, – Фрунзе, – 1962. – вып. V.– С. 2–9.
8. Бондарчук В. Г. Геоморфологические уровни и денудационные ступени Средней Азии. –Известия АН СССР, сер. геогр., т. X, № 6, 1946.– С. 15–19.
9. Бондарчук В. Г. Основы геоморфологии и геоботаники / В. Г. Бондарчук, Д. В. Борисевич. – Ташкент, 1950. – т. 111. – 73 с.
10. Васильковский Н. П. Тектоническое развитие Ферганской депрессии в кайнозой / Н. П. Васильковский. – Ташкент: Ин–та геол. АН Узб. ССР, вып. 1, Вторая Среднеазиатская конференция геологов–нефтяников, 1947. – С. 22–59.
11. Васильковский Н. П. О некоторых генетических типах новейших континентальных отложений Средней Азии (делювий, пролювий, аллювий) / Н. П. Васильковский. – Бюлл. Моск. О–ва испытателей природы, сер. геол., –Т. XXVI, Вып. 2, 1951. – С. 7–9.
12. Васильковский Н. П. К возрастному расчленению четвертичных отложений Северо–Восточного Узбекистана / Н. П. Васильковский. – Тр. Ин–та геол. АН Узб. ССР, вып. 6, 1951. – С. 2–8.
13. Вебер В. Н. Миграция сухих дельт в Фергане / В. Н. Вебер. – Фергана, 1929. – 38 с.
14. Геллер С. Ю. О геоботанических исследованиях ксерофитной флоры Ферганской впадины / С. Ю. Геллер. – М., Изд. АН СССР, 1958. – С. 71–78.

15. Григоренко П. Г. О принципах составления гидрогеологических карт сельскохозяйственных территорий горных областей Средней Азии на примере Киргизской ССР / П. Г. Григоренко. – Тр. Ин-та геол. АН Киргиз. ССР, вып. VI, 1957. – С. 27–44.

16. Григоренко П. Г. Подземные воды межгорных впадин Киргизии и района (распол. на юго–зап. склоне Ферганского хребта) / П. Г. Григоренко. – Изв. АН СССР, сер, геогр. и геофиз., – Т. 3, № 2, 1946. – С. 54–59.

17. Герасимов И. П. Палеогеографическая загадка Иссык–куля. В сб. «Географические исследования в Центральном Тянь–Шане». М., 1953. – С. 92–126.

18. Глушкова М. И. Ош Кара–Суйский оазис / М. И. Глушкова, П. Г. Григоренко. – Изв. АН Киргиз. ССР, сер, естеств. и техн. наук (география), – вып. 11, 1959. – 178 с.

19. Глушкова М. И. Рельеф предгорной части Ошской области Киргиз. ССР некоторые особенности использования / М. И. Глушкова. – Тр. Отдела географии АН Киргиз. ССР, вып. 1, 1958. – С. 54–87.

20. Глушкова М. И. Основные черты орографии и схема геоморфологического деления юга Киргизии / М. И. Глушкова. – Изв. АН Киргиз. ССР, сер. естеств. и техн. наук, т. 1, вып. 2, 1959. – С. 65–72.

21. Глушкова М. И. Природные условия Баткенской впадины и перспективы использования ее подземных вод / М. И. Глушкова, П. Г. Григоренко. – Изв. АН Киргиз. ССР, сер. естеств. и техн. наук (география), – Т. 1. Вып. 2, 1959. – С. 82–85.

22. Глушкова М. И. Основные черты рельефа юго–западных склонов Ферганского хребта / М. И. Глушкова, А. П. Данилина. – Изв. Киргиз. ССР (география), – Т. II, вып. 10, 1960. – С. 71–78.

23. Григоренко П. Г. Особенности геоморфологического строения хлопковой зоны юга Киргизии / П. Г. Григоренко, М. И. Глушкова. – Тр. Ин-та геол. АН Киргиз. ССР, Вып. IX, 1957. – С. 2–11.

24. Григоренко П. Г. К стратиграфии и истории формирования четвертичных отложений Северной Киргизии / П. Г. Григоренко. – Мат. Всесоюз. совещания по изучению четвертичного периода, Изд. АН СССР, – Т.3, 1961. – С. 23–34.

25. Григоренко П. Г. Природные условия, гидрогеологические особенности и пути хозяйствен освоения Кугартской долины / П. Г. Григоренко, М. И. Глушкова, К. О. Оторбаев. – Изв. АН Киргиз. ССР, сер. естеств. и техн. наук (геология), – Т. IV, вып. 3, 1962. – С. 65–70.

26. Демченко М. А. К геоморфологии долин Теректы и Май–Баш / М. А. Демченко. – Тр. на учн. экспедиции, – Т. 2, 1935. – С. 81–87.

27. Думитрашко Н. В. Оледенение Средней Азии. Работы Тянь-Шаньской физико-географической станции / Н. В. Думитрашко. – Фрунзе: Гляциология, вып. 1, 1958. – С. 82–89.
28. Звонкова Т. В. Изучение рельефа в практических целях / Т. В. Звонкова. – Изв. АН СССР, сер. геогр., № 3, 1961. – 232 с.
29. Иверонова М. И. Сели в долине реки Чон Ак-Су / М. И. Иверонова. – Изв. АН Киргиз. ССР, сер. естеств. и техн. наук (география), – Т. IV, вып. 4, 1962. – С. 55–59.
30. Исаев Д. И. Карстовые явления в восточной части Терской Ала-Тоо / Д. И. Исаев. – Тр. Отдела географии АН Киргиз. ССР, вып. 1, 1958. – С. 13–24.
31. Исаев Д. И. К морфологии Кетмень-Тюбинской депрессии / Д. И. Исаев. – Изв. АН Киргиз. ССР, география, – Т. 1, вып. 2, 1959. – С. 34–37.
32. Исаев Д. И. Профили рельефа Ак-Шийракской мульды / Д. И. Исаев. – Изв. АН Киргиз. ССР, сер. естеств. и техн. наук (география), т. 11, вып. 10, 1960. – С. 82–89.
33. Исаев Д. И. Некоторые формы рельефа как показатели следов движений в Внутреннем Тянь-Шане / Д. И. Исаев. – Изв. Киргиз. филиала Всесоюз. геогр. о-ва, вып. 2, 1960. – С. 64–74.
34. Картавов М. М. Ошская область / М. М. Картавов. – Фрунзе, 1956. – 165 с.
35. Комишан И. С. География Киргизской АССР / И. С. Комишан. – Тр. I конференции по изучению производительных сил Киргизской АССР, Л., 1934. – С. 23–29.
36. Корженевский Н. Л. Алайская долина / Н. Л. Корженевский. – Тр. Памирской экспедиции 1928 г., – Изд. АН СССР, вып. III, 1930. – С. 82–89.
37. Корженевский Н. Л. Средняя Азия (краткий физ.-геогр. очерк) / Н. Л. Корженевский. – Ташкент, 1941. – С. 56–77.
38. Крестников В. Н. История развития географии Памира и сопредельных частей Азии / В. Н. Крестников. – М., Изд. АН СССР, 1962. – С. 63–69.
39. Кочерга Ф. К. Селевые потоки Средней Азии / Ф. К. Кочерга. – Материалы совещания по борьбе с эрозией почв и селевыми потоками, – Ташкент, 1960. – С. 72–97.
40. Кузнецов Ю. Я. Геологическое строение и происхождение рельефа Юго-Восточной Ферганы / Ю. Я. Кузнецов. – Изд. Львовского ун-та, 1960. – С. 40–43.
41. Курлюков К. В. Неотектонические движения в Южной Фергане / К. В. Курлюков. – Ж. Природа, № 17, 1951. – 232 с.

42. Курдюков К. В. О параллелизме геологического и палеогеографического развития Южной Ферганы и Северо-Западного Пенджаба В неоген-четвертичное время / К. В. Курдюков // Проблемы физической географии АН СССР. – вып. XVI, 1951. – С. 92–103.
43. Ланге О. К. Ферганская котловина / О. К. Ланге / Геология Узб. ССР. – Т. 1, –М.–Л., 1937. – С. 24–30.
44. Лунин Б. А. К геоморфологическому типу горной системы Тянь-Шань / Б. А. Лунин. – Фрунзе, – Т. 1, вып. 1, 1947. – С. 100–109.
45. Мальцев А. Е. Интенсивность денудационных процессов в Ферганской долине в связи с заносимостью водохранилищ / А. Е. Мальцев. – Фергана, 1962. – С. 34–60.
46. Маматкулов М. М. Некоторые вопросы истории формирования растительности и четвертичных отложений бассейна реки Кара-Суу / М. М. Маматкулов. – Фрунзе, 1961. – 100 с.
47. Минакова Н. Е. Основные черты геоморфологии Ферганы (краткий обзор) / Н. Е. Минакова. – Ташкент, Изд. Комитета науки Узб. ССР. – № 3–4, 1937. – С. 12–30.
48. Мурзаев Э. М. Очерк истории исследования верховьев р. Чу / Э. М. Мурзаев. В сб. Материалы по геологии и геохимии Тянь-Шаня», ч. 4, Л.–М., 1935. – С. 16–22.
49. Мурзаев Э. М. Средняя Азия, исследование геоботанического разнообразия реки Сырдарья / Э. М. Мурзаев. – Ташкент, М., 1957. – 75 с.
50. Николаев Н. И. Опыт построения генетических классификаций экзогенных физико-геологических процессов / Н. И. Николаев. – Фрунзе: Тр. конф. по изучению четвертичного периода, – Т. VII, вып. 1, 1948. – С. 100–105.
51. Огнев В. Н. Геологическая карта Средней Азии, (Кетмень-Тюбе) / В. Н. Огнев. – Ташкент, 1940. – С. 14–39.
52. Огнев В. Н. К геологической истории долины Ак-Сая в Тянь-Шане / . Уч. зап. геогр. ф-та МОНП, вып. 1, т. 3, 1940. – С. 4–7.
53. Олюнин В. Н. Геоморфологическая характеристика участков опытных посевов чайного растения в Тянь-Шане / В. Н. Олюнин. – Фрунзе: Тр. Главного Ботанического сада АН СССР, – Т. V, 1956. – С. 11–33.
54. Пальгов Н. Н. По Тянь-Шаньским сыртам / Н. Н. Пальгов. – Ташкент: Изв. ВГО, вып. 5–6, 1931. – 22 с.
55. Пейве А. В. Схема тектоники Западного Тянь-Шаня / А. В. Пейве. – Ташкент: Изв- АН СССР, сер. геол., № 5–6, 1938. – С. 56–63.

56.Прокопенко Н. М. Термальные источники Среднего и Восточного Тянь-Шаня / Н. М. Прокопенко. – Фрунзе: В сб. «Материалы по геологии и геохимии Тянь-Шаня. – Ч. 1, 1930. – С. 11–33.

57. Полицук К. С. Анализ изменений растительных сообществ на территории окрестностей города Ош (Ошская область Республики Кыргызстан) на основе дистанционного зондирования с использованием спектральных индексов / К. С. Полицук // Материалы симпозиума XVIII (L) Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, приуроченной к 50-летию КемГУ. – Кемерово, – Т. 24, 2023. – С. 76–79.

58.Полицук К. С. «ANALYSIS OF CHANGES IN PLANT COMMUNITIES IN THE SURROUNDINGS OF OSH CITY (OSH REGION OF THE REPUBLIC OF KYRGYZSTAN) BASED ON REMOTE SENSING USING SPECTRAL INDICES» / К. С. Полицук // Материалы XIV Международной ландшафтной конференции, посвященной 105-летию со дня рождения Ф.Н. Милькова к 75-летию Воронежского областного отделения Русского географического общества. – Воронеж, – Т. 2, 2023. – С. 52–53.

59.Положение о межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии от 18 сентября 2008 г. – URL: http://www.cawater-info.net/library/rus/ca_convention_2006_ru.pdf (дата обращения: 20.09.2022).

60.Положение о рамочной конвенции об охране окружающей среды для устойчивого развития в Центральной Азии от 22 ноября 2006 г. – URL: http://www.cawater-info.net/library/rus/ca_convention_2006_ru.pdf (дата обращения: 20.09.2022).

61.Рачковская Е. И. Растительность Казахстана и Средней Азии (В пределах пустынной области) / Е. И. Рачковская. – Санкт – Петербург,1995. – 130 с.

62.Рубцов Н. И. О типах растительности Тянь-Шаня / Н. И. Рубцов / Бюлл. МОИП Отд. биол. – Т.60, вып. 5, 1955. – С. 121–126.

63.Раздольский А. Г. Инженерно-геологические свойства лёссовидных пород юга Киргизии и меры борьбы с деформациями каналов в косогорных условиях рельефа / А. Г. Раздольский. – Фрунзе, 1962. – С. 33–45.

64.Семенов-Тян-Шанский П. П. Путешествие в Тянь-Шань / П. П. Семенов-Тян-Шанский. – Ташкент: М.,1948. – 155 с.

65.Синицын В. М. Восточный Тянь-Шань и Бей-Шань / В. М. Синицын. – Москва: – М., 1952. – С. 56–78.

66. Сорокин Н. В. Путешествие по Русскому Тянь-Шаню в 1884 году / Н. В. Сорокин. – Санкт-Петербург: Изв. РГО, – Т. XXI, вып. 2, 1885. – С. 6–7.
67. Спиридонов А. Н. Геоморфологическое картографирование / А. Н. Спиридонов. – Ташкент: М., Гео Глава V Заключ графгиз, 1952. – 99 с.
68. Турбин Л. И. Плодовые леса Южной Киргизии / Л. И. Турбин. – Москва: АН СССР, М.–Л., 1949. – С. 36–47.
69. Федорович Б. А. Послетретичные тектонические процессы в северных предгорьях Тянь-Шаня / Б. А. Федорович. – Москва: Материалы по геологии и геохимии Тянь-Шаня, Ч. 2, Л., 1931. – С. 99–147.
70. Юрьев А. А. Геоморфология и оледенение высокогорной части бассейна р. Сох / А. А. Юрьев. – Ташкент, 1952. – 232 с.
71. Achard F. Analysis of vegetation seasonal evolution and mapping of forest cover in West Africa with the use of NOAA AVHRR data / F. Achard, F. Blasco, Photogram. Engin. Remote Sens., – 1990. – P. 1359–1365
72. Achard F. Forest classification of Southeast Asia using NOAA AVHRR data. Remote Sens. Environ / F. Achard, C. Estreguil. – 1995. – P. 198–208
73. Alikhanov B. A SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF PASTURES IN THE MOUNTAINOUS REGIONS OF TASHKENT PROVINCE / B. Alikhanov. – 2018. – P. 30–36.
74. Aralova D. Monitoring of spatiotemporal patterns of Net and Gross Primary Productivity (NPP & GPP) and their ratios (NPP/GPP) derived from MODIS data: assessment natural drivers and their effects on NDVI anomalies in arid and semi-arid zones of Central Asia / D. Aralova, [et al.] /EGU General Assembly Conference Abstracts. – 2017. – P. 970.
75. Aralova D. NDVI-Based Monitoring Long-Term Vegetation Change Dynamics in the Drylands of Central Asia / D. Aralova, D. Gafurov, K. Toderich /Vegetation of Central Asia and Environs. – 2018. – P. 49–71.
76. Artis D. A. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. Remote Sens. Environ / D. A. Artis, W. H. Carnahan. – 1982. – P. 313–329.
77. Asrar G. et al. Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat / G. Asrar. – *Agricult. J.* – 1983. – P. 300–306.
78. Carlson T. N. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. Remote Sens. Environ / T. N. Carlson, D. A. Ripley. – 1997. – P. 241–252.
79. Chander G. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote Sens / G. Chander, B. L. Markham, D. L. Helder. – *Environ.* 2009. – P. 893–903.

80. Chander, G. Revised landsat-5 thematic mapper radiometric calibration. *Geosci. Rem. Sens / G. Chander, B. L. Markham, J. A. Barsi.* – *Lett. IEEE* 4, 2007. – P. 234–345.
81. Chavez, P.S., Jr. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sens. Environ.* 1988, 24, 459–479.
82. De Araujo Barbosa Remote sensing of ecosystem services: a systematic review / Araujo Barbosa C. C., Atkinson P. M., Dearing J.A. – *Ecol. Indicat.* 2015. – P. 430–443.
83. Ding H. Spatio-temporal patterns in water surface temperature from Landsat time series data in the Chesapeake Bay. U.S.A / H. Ding, A. J. Elmore. – *Remote Sens. Environ.* 2015. – P. 335–348.
84. Eddy I. Integrating remote sensing and local ecological knowledge to monitor rangeland dynamics / I. M. Eddy, [et al.] / *Ecological Indicators.* – 2017. – T. 82. – P. 106–116.
85. Ellsäßer F. Introducing QWaterModel, a QGIS plugin for predicting evapotranspiration from land surface temperatures / F. Ellsäßer, A. Röhl, C. Stiegler, H. Hendrayanto, D. Hölscher. – *Environ. Model. Software*, 2020. – P. 130–150.
86. Feyisa G. L. Automated Water Extraction Index: a new technique for surface water mapping using Landsat imagery / G. L. Feyisa, H. Meilby, R. Fensholt, S. R. Proud. – *Remote Sens. Environ.* 2014. – P. 23–35.
87. García M. J. Mapping burns and natural reforestation using thematic mapper data / M. J. García, V. Caselles. – *Geocarto Int.* 6, 1991. – P. 31–37.
88. Guo G. Characterizing the impact of urban morphology heterogeneity on land surface temperature in Guangzhou, China / G. Guo, X. Zhou, Z. Wu, R. Xiao. – *Environ. Model. Software*, 2016. – P. 427–439.
89. Google Earth / 2006 – 2023. – URL: <https://www.google.com/maps/place/%D0%9E%D1%88%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D0%9E%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C> (дата обращения: 10.09.2022).
90. He C. Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach / C. He, P. Shi, D. Xie, Y. Zhao, – *Remote Sens. Lett.* 2010. – P. 213–221.
91. Henebry G. M. Livelihoods Poised Between Cold and Dry: Modeling Land Surface Phenologies and Phenometric Lapse Rates in Central Asian Highland Pastures / G. M. Henebry, [et al.] / *AGU Fall Meeting Abstracts.* – 2016. – T. 2016. – P. 32–77.

92. Holm A. L. The use of time-integrated NOAA NDVI data and rainfall to assess landscape degradation in the arid shrubland of Western Australia / A. L. [et al.]. – *Remote Sens. Environ.* 2003. – P. 145–158.
93. Huete A. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices / A. Huete. – *Remote Sens. Environ.*, 2002. – P. 195–213.
94. Huete, A.R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI) / *Remote Sens. Environ.* – P. 295–309.
95. Jimenez-Munoz, J.C., Sobrino, J.A., Skokovic, D., Mattar, C., Cristobal, J., 2014. Land surface temperature retrieval methods from landsat-8 thermal infrared sensor data / Fig. 3. Indices in QGIS Caneva after their calculation. B. Sebbah et al. – P. 90–98.
96. Khazieva E. Grassland degradation by shrub encroachment: Mapping patterns and drivers of encroachment in Kyrgyzstan / E. Khazieva, P. H. Verburg, R. Pazúr / *Journal of Arid Environments*. – 2022. – T. 207. – C. 845–849.
97. Kulenbekov Z. E. Investigation of the High Mountain Vegetation Using Satellite Imagery, Kyrgyzstan / Z. E. Kulenbekov, S. Z. Orunbaev, B. D. Asanov / *Water Resource Management in Central Asia and Afghanistan: Current and Future Environmental and Water Issues*. – Cham : Springer International Publishing, 2021. – C. 151–168.
98. Liu J. Seasonal pasture use and vegetation cover changes in the Alai Valley, Kyrgyzstan / J. Liu, T. Watanabe / *Mapping Transition in the Pamirs: Changing Human-Environmental Landscapes*. – 2016. – P. 113–126.
99. Masselink L. Detecting Vegetation Trends from NDVI trend analyses in Syrdarya Province, Uzbekistan / L. Masselink. – Wageningen University, 2014. – P. 113–126.
100. Myneni, R.B. et al. The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.* 33(1995), – P. 481–486.
101. Na X. Improved land cover mapping using random forests combined with landsat thematic mapper imagery and ancillary geographic data / X. Zhang, S. Li, X. Yu, H. Liu, – *Photogramm. Eng. Rem. Sens.*, 2010. – P. 833–840.
102. Nemani R. R. and Running, S.W. (1997) Land cover characterization using multitemporal red, NIR and thermal IR data from NOAA/AVHRR. *Ecol. Appl.* 7, 79–90
103. Paolini, L.; Grings, F.; Sobrino, J.A.; Jiménez Muñoz, J.C.; Karszenbaum, H. Radiometric correction effects in Landsat multi-date/multi-sensor change detection studies. *Int. J. Remote Sens.* 2006. 685–704.
104. Park S. The suitability analysis of cropland in Kyrgyzstan for drought risk reduction in the SDGs perspectives / S. Park, [et al.] / *AGU Fall Meeting Abstracts*. – 2019. – T. 2019. – P.51–115.

105. Paruelo J.M. et al. () Current distribution of ecosystem functional types in temperate South America. *Ecosystems* 2001. – P. 683–698.
106. Pender J. Economic Analysis of Sustainable Land Management Options in Central Asia. Final report for the ADB. IFPRI/ICARDA / J. Pender, A. Mirzabaev, E. Kato. – 2008. – P. 23–26.
107. Piroton V. Monitoring the recent activity of landslides in the Mailuu–Suu Valley (Kyrgyzstan) using radar and optical remote sensing techniques / V. Piroton, [et al.] / *Geosciences*. – 2020. – T. 10. – №. 5. – P. 164.
108. Qi J.A Modified Soil Adjusted Vegetation Index / J. Qi, A. Chehbouni, A. R. Huete, Y. H. Kerr, S. Sorooshian. – *Remote Sensing of Environment* 48, 1994. – P.19–26.
109. Running S.W. Estimating primary productivity by combining remote sensing with ecosystem simulation. In *Remote Sensing of Biosphere Functioning* / S.W. Running, R. J. Hobbs, H. A. Mooney. 1990. – P. 65–86.
110. Salas E. Multispectral and texture feature application in image–object analysis of summer vegetation in Eastern Tajikistan Pamirs / E. Salas, K. G., Valdez // *Remote Sensing*. – 2016. – T. 8. – №. 1. – C. 78.
111. Schlögel R. Assessment of Landslides Activity in Maily–Say Valley, Kyrgyz Tien Shan / R. Schlögel, [et al.] / *Landslide Science and Practice: Volume 1: Landslide Inventory and Susceptibility and Hazard Zoning*. – 2013. – C. 111–117.
112. Sellers, P.J. et al. (1992) Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration [et al.]. III. A reanalysis using improved leaf models and a new canopy integration scheme. – *Remote Sens. Environ.* 42, – P. 187–216.
113. Senay, G. B. Capability of AVHRR data in discriminating rangeland cover mixtures / G. B. Senay. – *Int. J. Remote Sens.*, 2002. – P. 299–312.
114. Sharpe N. Application of the participatory rangeland and grassland assessment (PRAGA) methodology in Kyrgyzstan / N. Sharpe, P. Mwangi, I. Isakov, O. Onyango, – Baseline analysis, remote sensing, field assessment and validation report. – Rome, 2022. – P. 39–72.
115. Soriano A. Biozones: vegetation units defined by functional characters identifiable with the aid of satellite sensor images / A. Soriano, J. M. Paruelo. – *Glob. Ecol. Biogeogr. Lett.*, 1992. – P. 82–89.
116. Terekhov A. G. Long term trends in vegetation in Tien–Shan and Dzungarian Alatau from eMODIS NDVI C6 data (2002–2019) / A. G. Terekhov, [et al.] / *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. – 2019. – T. 16. – №. 6. – C. 133–142.

117. Tucker C. J. African land–cover classification using satellite data / C. J. Tucker [et al.] – Science 227, 1985. – P. 369–375.
118. Van Wagtendonk J. W. The use of multitemporal Landsat Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) data for mapping fuel models in Yosemite National Park, USA / J. W. Van Wagtendonk, R. R. Root. – Int. J. Remote Sens. 2003. – P. 1639–1651.
119. Wang J. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA / J. Wang, [et al.] – Int. J. Remote Sens. 2003. – P. 2345–2364.
120. Weather Arhive / 2006 – 2023. – URL: https://www.meteoblue.com/en/weather/historyclimate/weatherarchive/osh_kyrgyzstan_1527534?fcstlength=1m&year=2022 (дата обращения: 20.09.2022).
121. Wilson R.T. Livestock, pastures, and the environment in the Kyrgyz Republic, Central Asia. Mountain research and development / R. T. Wilson. – 1997. – P.57–68.
122. Yoshino K. [et al.] Spatial Dependency of Soil Line Coefficients Derived from Landsat ETM+ And Modis Imagery in Kyrgyzstan //36th Asian Conference on Remote Sensing: Fostering Resilient Growth in Asia, ACRS 2015. – Asian Association on Remote Sensing, 2015. – С. 1022–1029.
123. Undp.org: Программа устойчивого развития предгорных территорий – URL: <https://www.undp.org/ru/kyrgyzstan/pressreleases/%D0%BE%D1%80%D/> (дата обращения: 20.09.2022).
124. Zhang J.Y. New evidence for effects of land cover in China on summer climate / J. Y. Zhang, [et al.]. – Chin. Sci. Bull. 2003. – P. 401–405.
125. Zhang J.Y. The influence of vegetation cover on summer precipitation in China: a statistical analysis of NDVI and climate data / J. Y. Zhang. – Adv. Atmos. Sci. 20, 2003. – P. 1002–1006.
126. Zhang L. Effects of Climate and Social Change on Pasture Productivity and Area in the Alay Valley, Kyrgyzstan / L. Zhang, E. A. Smithwick /AGU Fall Meeting Abstracts. – 2017. – Т. 2017. – P. 33–147.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ КОМПЕТЕНЦИЙ

Таблица – Предметный указатель компетенций выпускной квалификационной работы магистра на тему «Анализ изменений растительного покрова в районе города Ош, Ошской области, Кыргызской Республики методами геоинформационного картографирования»

Компетенция	Структурный элемент работы (номера глав, параграфов работы, в которых раскрывается компетенция)
УК–1 – способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Введение
УК–2 – способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Глава 3.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5
УК–3 – способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	Введение, Глава 3.5.
УК–4 – способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	Главы 2, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.5.
УК–5 – способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	Главы 1.1, 1.2, 1.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5
УК–6 – способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Заключение.
ОПК–1 – способен самостоятельно проводить комплексные и отраслевые географические исследования, формулировать и проверять достоверность научных гипотез и инновационных идей в избранной области географии и смежных наук	Главы, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4., 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5
ОПК–2 – способен оценивать и прогнозировать развитие и взаимодействие природных, производственных и социальных систем на глобальном, региональном и локальном уровнях в избранной области географии	Главы 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5

ОПК-3 – способен выбирать и применять способы обработки и визуализации географических данных, геоинформационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности	Введение, главы 2.1, 2.2, 2.3, 2.4., 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5
ОПК-4 – способен проектировать, представлять, защищать и распространять результаты своей профессиональной, в том числе научно-исследовательской деятельности	Введение
ПК-1 – способен самостоятельно или под руководством более квалифицированного специалиста решать исследовательские задачи в рамках реализации научных, научно-технических и инновационных проектов	Введение, главы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5
ПК-2 – способен проектировать, формировать и обрабатывать базы пространственных данных, включая данные дистанционного зондирования, и создавать на их основе геоинформационные продукты, в т.ч. с использованием технологий веб-картографии	Главы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5
ПК-3 – способен организовывать географические проекты и осуществлять контроль за выполнением работ и оказанием услуг эколого-географической направленности	Введение, Главы 3.5
ПК-4 – способен планировать и координировать выполнение технологических операций по работе с геоинформационными системами для решения задач органов территориального управления	Главы 3.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5
ПК-5 – способен планировать образовательный процесс в области естественно-научных дисциплин и осуществлять педагогическую деятельность в образовательных организациях общего, дополнительного и профессионального образования	Введение

Руководитель ВКР

Канд. геогр. наук, доцент



В.В. Хромых

СПРАВКА

Томский Государственный Университет

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

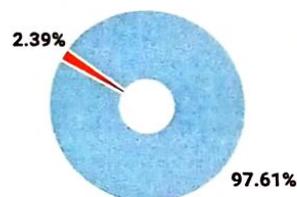
ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Полищук Кирилл Станиславович
Самоцитирование
рассчитано для: Полищук Кирилл Станиславович
Название работы: MAGISTERSKAYA_POLISHCHUK_022110- (1).docx
Тип работы: Магистерская диссертация
Подразделение: ГГФ, ТГУ

РЕЗУЛЬТАТЫ

СОВПАДЕНИЯ		2.39%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ		97.61%
ЦИТИРОВАНИЯ		0%
САМОЦИТИРОВАНИЯ		0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 27.05.2023



Структура
документа:

Проверенные разделы: основная часть с.3-65

Модули поиска:

Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс*; Сводная коллекция РГБ; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); eLIBRARY.RU; Перефразирования по eLIBRARY.RU; Перефразирования по Интернету; Модуль поиска "tsu"; Кольцо вузов

Работу проверил: Хромых Вадим Валерьевич

ФИО проверяющего

Дата подписи:

27.05.2023 г.



Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.