

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени А.О. Байконурова

Кафедра маркшейдерского дела и геодезии

Баймуханбетова Алия Сериковна

Сравнение Sentinel-2 MSI и Landsat 8 OLI в определении засоления почвы: на примере
сельскохозяйственных земель Южного Казахстана

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О. Байконурова
Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой МДиГ

Доктор PhD, ассоц. проф

Э.О. Орынбасарова

«22» 06 2023г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Сравнение Sentinel-2 MSI и Landsat 8 OLI в определении засоления
почвы: на примере сельскохозяйственных земель Южного Казахстана»

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

выполнила

Баймуханбетова Алия Сериковна

«ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ
ТӘБІТТІК УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

Доктор PhD, старший преподаватель

Шаймерденова А. А.

«15» 06 2023 г.

Научный руководитель

М.т.н.

Алпысбай М.А.

«22» 06 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени А.О. Байконурова

Кафедра маркшейдерского дела и геодезии

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия



УТВЕРЖДАЮ

Зав кафедрой

маркшейдерского дела и

геодезии

доктор Ph.D.

Орынбасарова Э.О.

« 06 2023 г

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающейся Баймуханбетова Алия Сериковна

Тема: Сравнение Sentinel-2 MSI и Landsat 8 OLI в определении засоления почвы: на примере сельскохозяйственных земель Южного Казахстана

Утверждена приказом проректора по академическим вопросам №408-П/Ө от "23" 11 2022г.

Срок сдачи законченной работы «15» июня 2023 г

Исходные данные к дипломному проекту: Определение засоления почв с помощью дистанционного зондирования Земли

Краткое содержание дипломного проекта:

- а) Природная характеристика района исследований;
- б) Материалы и методы исследования;
- в) Методические основы и результаты исследования.

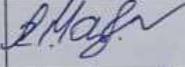
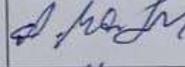
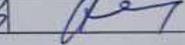
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): из 30 иллюстраций

Рекомендуемая основная литература: из 10 наименований

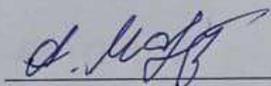
ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

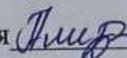
Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю и консультантам	Примечание
1. Природная характеристика района исследований	01.02.2023 30.02.2023	Сбор данных об объекте исследования
2. Материалы и методы исследования	01.03.2023 05.04.2023	Опираясь на рекомендуемую литературу описать методы засоления почв
3. Методические основы и результаты исследования	06.04.2022 10.06.2022	Вычисление индексов и интерпретация

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект
с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Сведения об объекте исследования	М.т.н. Алпысбай М.	21.06.23	
Материалы и методы исследования	М.т.н. Алпысбай М.	21.06.23	
Нормоконтролер	М.т.н. Кенесбаева А.	22.06.23	

Руководитель

 Алпысбай М.А.

Задание принял к исполнению обучающийся  Баймуханбетова А. С.

Дата

«22» июня 2023г.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе изучаются засоленные участки сельскохозяйственных земель, которые расположены в Кызылординской области Казалинского района с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Целью исследования является рассмотрение засоленных почв и факторы почвообразования с помощью снимков Sentinel-2 и Landsat-8. Задачей исследования является в оценке и сравнении разновременных снимков, полученные за 2015, 2018, 2022 года. Также в рассмотрении экологической проблемы, который приводит к разрушениям и деградации почвенного покрова в природной среде.

Исходя из поставленной задачи были выполнены работы со спутниковыми снимками, расчет показателей индексов и интерпретация их в исследовании засоленных почв. Текущее исследование содействует в улучшении продуктивности сельскохозяйственных угодий не только в рамках нашей страны, но и в более глобальных масштабах.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, Қазалы ауданының Қызылорда облысында орналасқан ауыл шаруашылығы жерлерінің тұзды учаскелері зерттеледі.

Зерттеудің мақсаты-Sentinel-2 және Landsat-8 суреттері арқылы тұзды топырақты және топырақ түзілу факторларын қарастыру. Зерттеудің міндеті-2015, 2018, 2022 жылдары алынған әртүрлі уақыттағы суреттерді бағалау және салыстыру. Сондай-ақ, табиғи ортада жер жамылғысының бұзылуына және деградациясына әкелетін экологиялық мәселені қарастыру.

Тапсырмаға сүйене отырып, спутниктік суреттермен жұмыс жүргізілді, индекстердің көрсеткіштерін есептеу және оларды тұзды топырақты зерттеуде түсіндірілді. Ағымдағы зерттеу біздің елімізде ғана емес, сонымен қатар жаһандық ауқымда да ауылшаруашылық жерлерінің өнімділігін жақсартуға ықпал етеді.

ABSTRACT

In this diploma, saline areas of agricultural land are studied, which are located in the Kyzylorda region of the Kazalinsky district using remote sensing data of the Earth.

The aim of the study is to consider saline soils and soil formation factors using Sentinel-2 and Landsat-8 images. The objective of the study is to evaluate and compare the multi-time images obtained in 2015, 2018, 2022. Also in consideration of an environmental problem that leads to destruction and degradation of the soil cover in the natural environment.

Based on the task, work was carried out with satellite images, calculation of index indicators and their interpretation in the study of saline soils. The current study contributes to improving the productivity of agricultural land not only within our country, but also on a more global scale.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1. Природная характеристика района исследований.....	8
1.1 Рельеф, геоморфологические районирование	8
1.2 Почва и их засоленность. Структура почвенного покрова. Геохимическое районирование.....	9
1.3 Грунтовые воды.....	14
1.4 Климат.....	15
1.5 Землепользование	16
1.6 Растительность.....	18
2. Материалы и методы исследования.....	20
2.1 Данные дистанционного зондирования, использованные в исследовании	20
2.2 Фактический материал, положенный в основу работы.....	23
2.3 Программы, использованные в исследовании.....	26
2.4 Фильтрация изображения	26
2.5 Классификация изображения	27
2.6 Методы изучения засоленности почв.....	30
3 Методические основы и результаты исследования	33
Заключение	40
Список использованной литературы.....	41
Приложение А	43
Приложение Б	44
Приложение В.....	45
Приложение Г	46
Приложение Д.....	47
Приложение Е.....	48

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что население Земли непрерывно растет. Следовательно, проблема питания становится все более серьезной. Казалось бы, с развитием цивилизации эту проблему можно легко решить, но на самом деле она очень проблематична.

Засоление почв является одним из самых суровых экологических факторов, которые ограничивают производительность сельскохозяйственных хозяйств, потому как большая часть чувствительны к засолению вызванному повышенным скоплением солей в почвенной толще, и территории, подверженных этому влиянию, увеличивается день за днем.

Засоление почвы представляется глобальной проблемой, в частности в полузасушливых регионах. Она затрагивает около 20% орошаемых пахотных земель, или около 300 миллионов гектаров, и является основным фактором снижения производительности в мировом сельскохозяйственном секторе: с 1990-х годов объем территорий, подверженных солевому поражению, возросло в 2,4 раза, что привело к сокращению урожайности сельскохозяйственных культур на 25-30%.

Засоленные почвы возникают в результате аккумуляции солей в почве и в грунтовых водах, в том числе в результате подтопления земли соленой морской водой. Факторы, способствующие накоплению соли на земле и засолению почвы, включают сухой климат и затрудненный поверхностный и подземный сток.

Существует множество факторов, влияющих на пространственные изменения свойств почв, которые включают географическое размещение, тип сельскохозяйственной практики, климатические факторы, в частности, количество осадков, температура и влажность воздуха. Недавние исследования показали важность изучения пространственного распределения свойств почвы. Они влияют на ее качество и устойчивость к деградации. Геостатистический анализ улучшает пространственное прогнозирование и интерполяцию изменчивости почвы. Это необходимо для создания непрерывных карт вариабельности почв, обеспечивающих способность оценивать риск падения урожайности.

Идентификация свойств почв и почвенных процессов с помощью дистанционных спутниковых методов – необходимая технология в процедурах почвенного картирования и почвенного мониторинга, в частности, в условиях интенсивного развития различных процессов деградации почв – эрозии, засоления, осолонцевания, подтопления и т.п.

1. Природная характеристика района исследований

1.1 Рельеф, геоморфологические районирование

Для проведения исследования мною была выбрана территория сельскохозяйственных полей Кызылординской области, Казалинского района, которую можно увидеть на рисунке 1.

Кызылординская область расположена на юге Казахстана. Она граничит с Карагандинской областью на севере, Узбекистаном на юге, Южно-Казахстанской областью на востоке и юго-востоке и Актюбинской областью на северо-западе. Она была создана 15 января 1938 года [1].

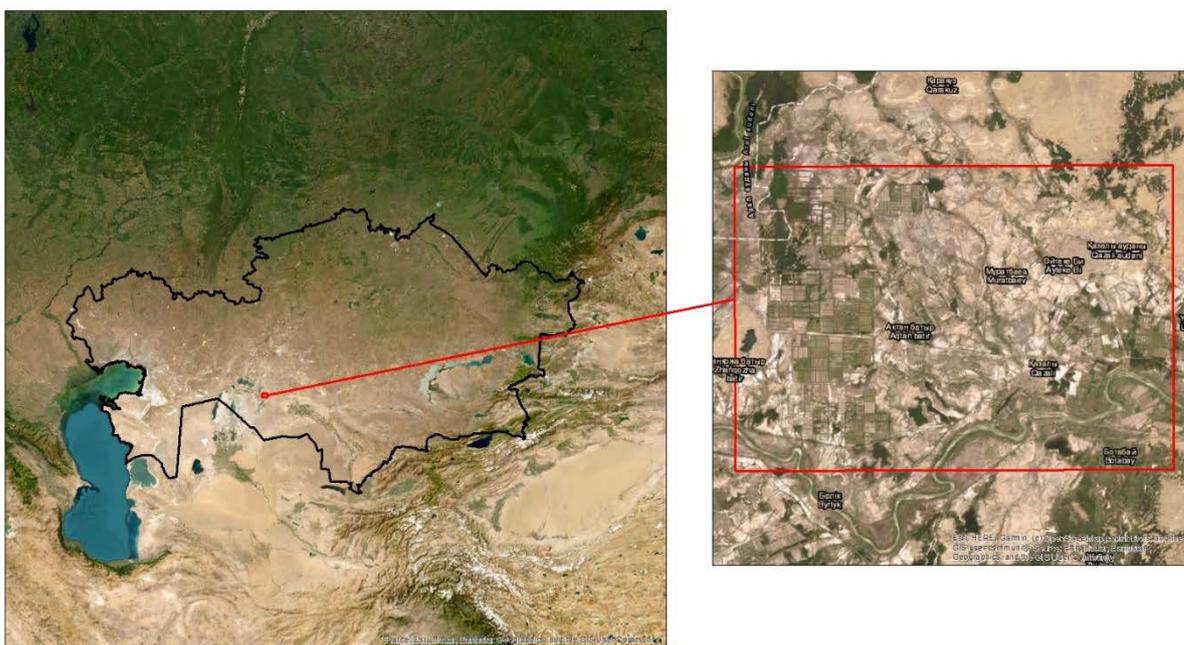


Рисунок 1 – Географическое положение объекта исследования

Кызылординская область расположена в пустынной местности, в основном в Туранской впадине, холмистой области с высотой 50-200 м, спускающейся к Аральскому морю и охватывающей большую часть северного и восточного побережья Аральского моря. На северо-западе находятся холмистые дюны предкаракумской зоны. На юге и юго-западе-холмистые пески возвышенностей Кызылкумов и Куандарьи. На юго-востоке горный хребет Каратау простирается до 1400 метров над уровнем моря.

Рельеф местности почти плоский и в основном занят холмистыми песчаными массивами Кызылкумов, Приаральных Каракумов Арыскумов. Абсолютная высота дюн колеблется от 100 м до 160-170 м, самые высокие значения в южной части региона. Высота некоторых хребтов поднимается до 40-45 м. На равнинах преобладают остатки меловых и палеогеновых пород, часто завершающиеся Чинковыми отвесными скалами.

Восточная часть является гористой, а более низкие горные районы, включая северо-западную часть хребта Каратау, склоняются вниз в северо-западном направлении. Поверхность земли разбита долинами и ущельями, между которыми весной временно протекает небольшое количество водотоков.

Предгорная равнина включает северо-западную часть Каратау, с долинами рек Сырдарья и Шу, которые постепенно замещаются песчаными и песчано-глинистыми отложениями.

На левом берегу реки Сырдарьи находятся обширные холмы Кызылкума, через которые проходят сухие русла Жанадарьи и Куандарьи. На правом же берегу расположены холмы Егизкара, высота их составляет 288 м, также имеются песчаные участки (например, Арыскум) и неглубокие впадины с солончаками. К северу расположены холмистые песчаные массивы (Аральские Каракумы и Малые Барсуки). На юго-востоке северо-западная ветвь хребта Каратау, находящаяся в 1419 м над уровнем моря, входит в Кызылординскую область.

Главным водотоком региона является река Сырдарья, общая длина которой 2219 км, однако в пределах Казахстана всего 1400 км. Река течет с юго-востока на северо-запад через центр региона, имеющая извилистые русла, рукава и многочисленные каналы, значительной заболоченной дельтой, далее впадает в Малое Аральское море.

Здесь много небольших соленых озер. Такие как: Камыстыбас, площадь которой составляет 178 км², Жаксыкылыш площадью - 59,7 км², Арыс - 124,5 км², Ашыколь - 74,2 км², и Теликоль 8 км², просыхающие в летний период времени. В северо-восточной части нижнее течение реки Сарысу входит в Кызылординский район [2].

1.2 Почва и их засоленность. Структура почвенного покрова. Геохимическое районирование

Почвенный покров на территории Казахстана очень разнообразен. Это обусловлено различиями в климате, рельефе, подстилающих породах и растительности.

Преобладают здесь степные и пустынные почвы: черноземы, каштановые, бурые и серо-бурые. На бескрайних равнинах республики почвы имеют зональное распространение, а в горных районах они изменяются в вертикальном направлении.

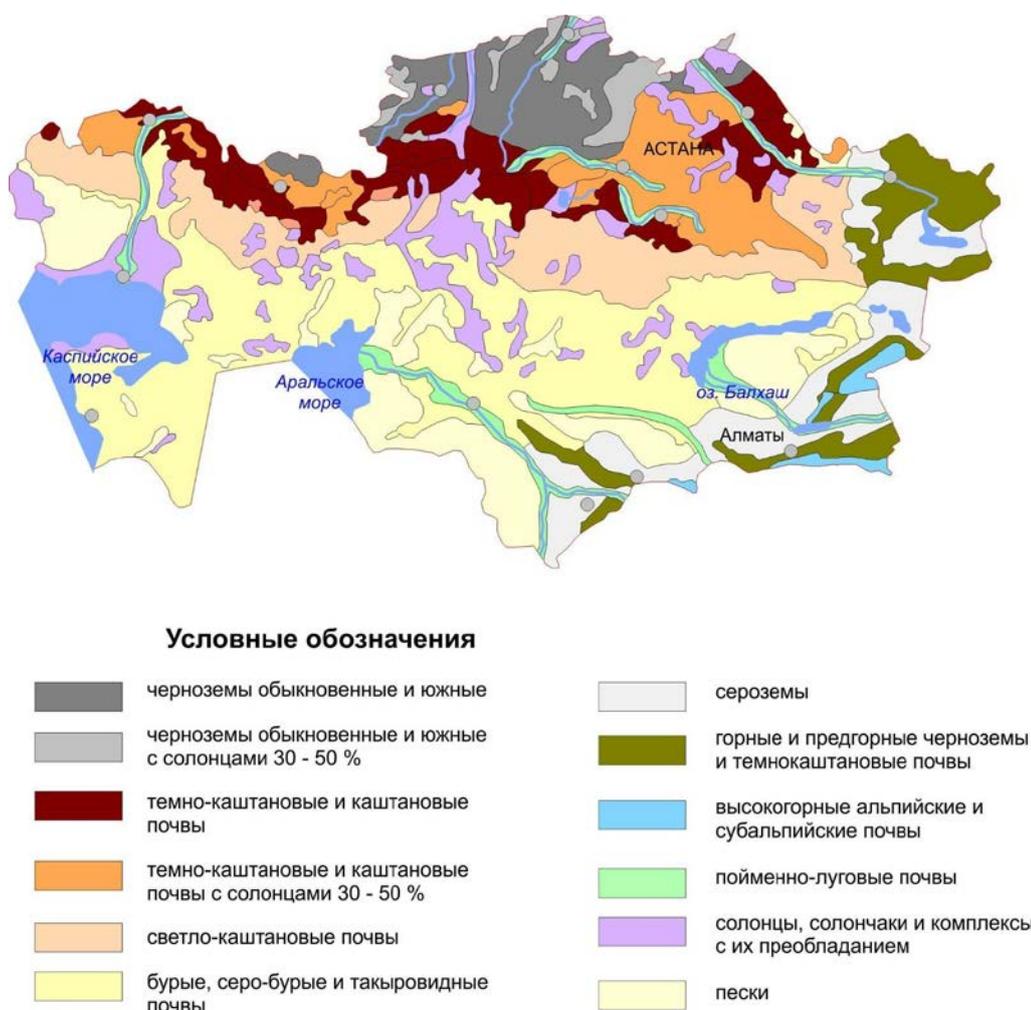


Рисунок 2 – Почвенная карта Казахстана

Основной причиной деградации почв является засоление почв. Оно обозначается как аккумуляция растворимых солей в почве до уровня, оказывающий непосредственное влияние на производство сельского хозяйства, уровень благоприятности окружающей среды и общеэкономическое материальное благополучие населения [3].

Одним из наиболее важных факторов, препятствующих развитию сельского хозяйства, является засоленность почв. Так как данный процесс снижает урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Многие поля были выведены из эксплуатации в результате увеличения засоленности.

В Республике Казахстан эта проблема действительно имеет место из-за активного прогрессирования солевого поражения почв в силу особенностей естественных условий, таких как достаточно сухой климат, плоские орошаемые земли и плохой дренаж. В четырех областях Южного Казахстана, где сконцентрированы орошаемые земли, более 55% площади в той или иной степени засолены [4].

Общая территория нашей страны составляет 272 миллиона гектаров, и по современным данным 180 миллионов гектаров оказались под серьезной угрозой деградирования, что достигает 60% от общей площади. Деградирование

происходит в результате интенсивного засоления почвы, в результате чего пустынные участки солончаков переходят во внутренние бассейны без дренажа, а орошаемые участки засоляются.

Почвы засоленного типа неравно распределены по площади Казахстана. По имеющимся сведениям мониторинга землепользования Республики Казахстан, засоленные почвы, солончаки и солончаки достигают более 41% от всей территории страны.

Засоленные почвы обычно концентрируются в районах с бурыми, серо-бурыми, такыровидными и светло-каштановыми почвами, которые можно наблюдать на рисунке 2. Также под черноземом, каштановой почвой и другими почвами казахских степей находятся засоленные почвы.

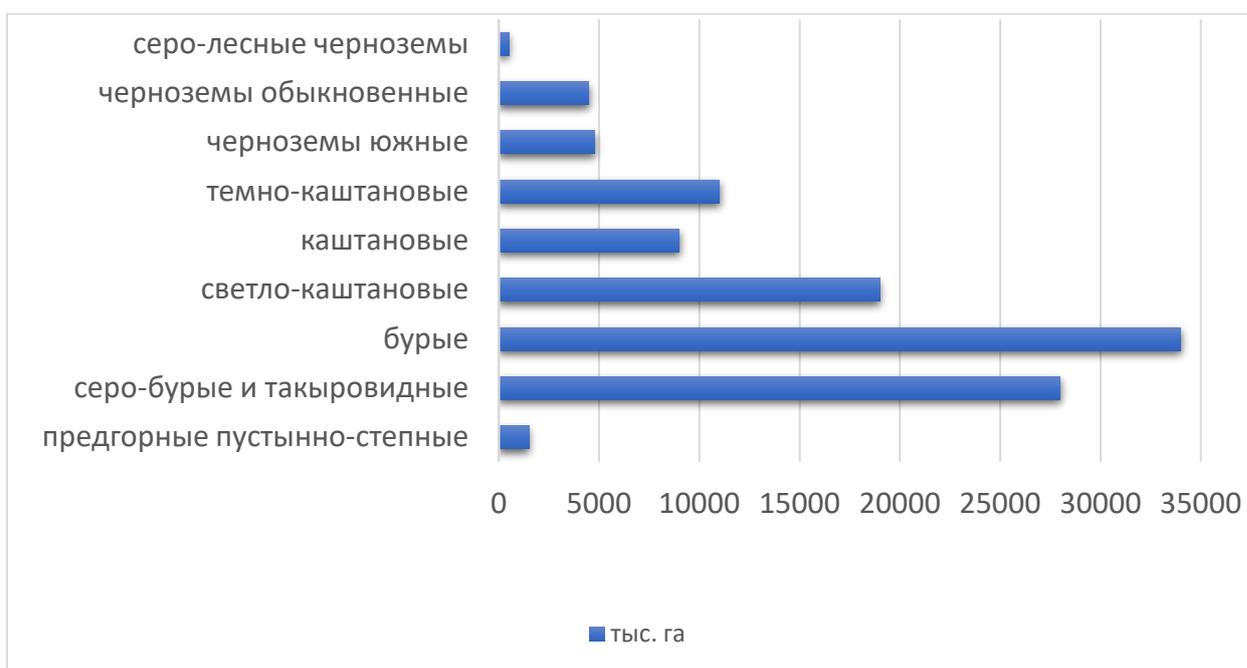


Рисунок 3 – Разделение видов засоленных почв на почвенных зонах и подзонах Республик Казахстана.

Почвенные горизонты с соленостью более 0,25 % считаются засоленными. Засоление почв в природной среде свойственна таким регионам как: южная часть Украины, Поволжье, южный Казахстан и подверженных засухе районах Средней Азии, зачастую в ложбинах (солонцы и солончаки). Он характеризуется разреженной засоленной растительностью. Вторичное засоление - это засоление почв при неправильных режимах полива. Оно возникает в результате чрезмерного полива оросительных участков и неправильной работы гидрографической сети. Засоление и капиллярный подъем солей к поверхности почв является следствием смыкания грунтовых и оросительных вод.

Аккумуляция солей в почве, образующая солонцы и солончаковые почвы, называется засолением почв. Зачастую в почвах аккумулируются хлориды

(NaCl) и сульфаты натрия (Na₂SO₄), кальций (CaCl₂) и магний (MgCl₂), карбонат (K₂CO₃) и нитрат калия (KNO₃). Засоленные почвы - это почвы с соленостью более 0,25 массовых процентов.

Засоление почв происходит в природных условиях аридных регионов в следствие капиллярного подъема соленых и солоноватых вод, наряду с воздействием антропогенных и техногенных факторов, таких как чрезмерный приток ирригационной воды и неудовлетворительная работа водосборных и дренажных сетей в системах орошения.

Засоленные почвы, имеющие в составе на глубине от 20 до 80 см, в значительной степени содержания соды и других солей называются, солонцами. Ареал распространения солонцов это - полупустынные, степные и лесостепные зоны. Зачастую в солонцах содержатся не мало глинистых частиц, которые в свою очередь становятся липкими и вязкими при увлажнении, а позже при высыхании покрываются трещинами.

Также нужно отметить, что в почвенных слоях солонцов выделяют два горизонта:

- верхний горизонт, толщиной от 1 до 20-30 см. Со светлым, пылеватым окрасом, содержанием илистых фракций.
- нижний горизонт, тот самый солонцовый горизонт иллювиального происхождения, имеющий бурый окрас и призмевидную структуру. Сам горизонт концентрирован солями и илом.
- в самой нижней части расположены солевые горизонты такие как, хлоридно-сульфатные и гипсовые.

На фоне каштановых, черноземов и других почв, солонцы встречаются в виде пятен. Засоленные почвы бесплодны и требуют внесения удобрений и гипса для смыва в почвенной толще, солей натрия на кальций, а также необходима промывка. После процесса культивации, солонцы эксплуатируются для посева сахарной свеклы, кукурузы и трав, а также для пшеницы и сои.

Засоленные почвы, которые имеют в составе поверхностного горизонта 1% и более водорастворимых солей, называются солончаками. Их происхождение имеет отношение к транспирации высокоминерализованных подземных вод при близком залегании к поверхности. Солончаки встречаются в пустынных, полупустынных, степных зонах в виде пятен на соленосных породах в большинстве регионов мира или при близко подходящих к поверхности минерализованных грунтовых вод.

По содержанию солей выделяют сульфатные и хлоридные солончаки. Соленосный слой в солончаках имеет очень слабо выраженный гумусовый горизонт, всего до 1% гумуса в виде пятен солей. Ниже находится соленосный слой материнской породы (С) или минерализованный водоносный слой.

Солончаки пригодны для сельского хозяйства только в том случае, если уровень грунтовых вод понижается и впоследствии вымывается пресной водой.

В соответствии с гало-геохимическим строением почвы на площади Казахстана выделено четыре провинции почв засоленного типа. Все участки отличаются по образованию, составу и транспортировке солей. Трое из них

приурочены к Южному Казахстану: (1) бассейн течения Каспийского моря, в котором преобладают хлоридный и сульфатно-хлоридный тип засоления, (2) бассейн течения Аральского моря, с хлоридно-сульфатным типом засоления (3) бассейн течения озера Балхаш, в котором тип засоления содово-сульфатный. В этих трех провинциях есть резервуар для воды и озера, и именно в них накапливаются соли.

Регион водосбора Карского моря (4) включает весь Северный Казахстан, а также части Центрального и Восточного Казахстана, в основном тут распространены почвы с хлоридно-сульфатным типом засоления.

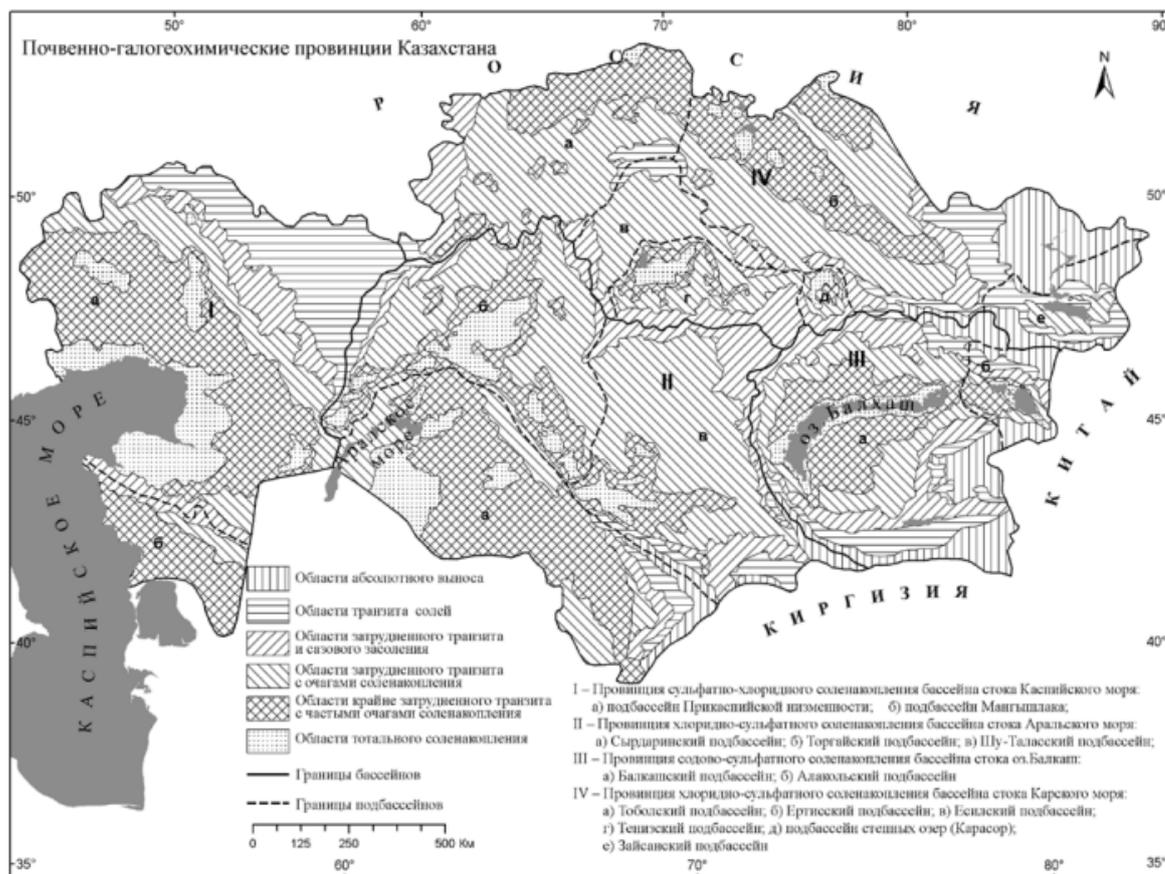


Рисунок 4 – Карта с химическим составом галогенидов почвы показывает площадь осаждения солей, а также их полный и частичный перенос

Растения, которые акклиматизировались к существованию на засоленных почвах, называются галофиты (от греч. *hals*—соль, *phyton*—растение). Они широко распространены в засушливом климате, таких зон как полупустыни, пустыни, а также в сухих степях, на солонцах, солончаках, и по побережьям морей и соленых озер. Основными представителями являются солончак, солерос, полынь, тамариск.

Область исследования представляет из себя плоскую низменность, состоящую из древних глинистых отложений неогенового возраста, суглинистого гранулометрического состава.

Территория включает конечные продукты выветривания (элювий) неогеновых и палеогеновых морских и материковых отложений. А также древние и современные аллювиально-дельтовые отложения рек бассейна Аральского моря.

Все отложения богаты карбонатной известью ($\text{CaCO}_3 > 10\%$). Климат жаркий и сухой, с годовым количеством осадков порядка 100 мм.

Преобладают пустынные песчаные, такыроподобные, серо-бурые почвы, в пределах которых в значительной мере распространены засоленные почвы. В пределах глинистой древнеаллювиальной пустынной равнины с такыроподобными почвами под галофитным покровом наблюдаются высокощелочные (рН составляет 9) солонцевато-карбонатные такыроподобные почвы. Повышенная солонцеватость и щелочность этих почв обуславливается наличием небольшого количества соды в верхних слоях. Сода формируется на основании минерализации галофитных осадков, содержащих более 4% соды.

Создание условий внеконкурентного почвенного поглощения иона натрия коллоидами обусловлено появлением соды в карбонатных почвах.

1.3 Грунтовые воды

Гидрологический режим почвенных грунтов на оросительных территориях целиком и полностью формируется вегетационными поливами, промывками, положением залегания грунтовых вод, а также выпадением осадков. На пополнение почвенных влагозапасов в межвегетационный период значительное влияние оказывает выпадение осадков, а удержать высокую влажность почв к посеву сельскохозяйственных культур способствуют ирригационные поливы [5].

При мелиоративных мероприятиях засоленных и солонцеватых почв в оросительном возделывании земли фундаментальными являются гидротехнические методы – различные виды дренажа и промывка. Дренаж контролирует не только наличие влажности, но и солей в почвенных горизонтах. Более высокие и быстрые результаты часто могут быть достигнуты путем комбинирования различных методов мелиорации. Например, при физических методах можно повысить эффективность химических мелиоративных процессов на солонцовых почвах и эффективность промывания засоленных почв за счет улучшения водопроницаемости. Для исключения продуктов реакции, методы химических мелиоративных процессов засоленных почв нужно комбинировать с дренажом и промыванием. Правильно выбранный метод или их комбинация и есть залог успеха действенных мелиоративных мероприятий орошаемых почв. Засоление – очень важная характеристика качества почвы, которая оказывает значительное влияние на высокую урожайность сельскохозяйственных культур, вдобавок на физико-агрономические, микробиологические и агрохимические свойства почв.

Определение критической глубины, на которой уровень грунтовых вод не должен подниматься выше, является значительным критерием, поскольку засоление почв может произойти в слоях почв с высокой корневой системой растений. На орошаемых участках с засоленными почвами средняя критическая глубина для грунтовых вод является не меньше двух метров. По сведениям, мониторинга гидрологического режима на 2016 год в после оросительный период, уровень грунтовых вод ниже 2 метров составлял 31,5 тыс. га во всем регионе. Такие же наблюдения на 2017 год – 85,9 тыс. га, данная разница составляет 2,6 раза, из них 51,7% - ниже 1 метра. Чаще всего подъем уровня грунтовых вод обусловлено результатом инфильтрации орошаемой воды неупорядоченного излишнего орошения, инфильтрации воды из необлицованных ирригационных каналов и неконтролируемого сбора неиспользованной воды. По этой причине работы по агротехническим и гидрологическим мелиорациям в борьбе со вторичным засолением почв ориентированы на устранение повышения уровня залегания грунтовых вод, а также снижение их уровня там, где они находятся на больших высотах, и сокращение их транспирации. Показатели анализа фильтрата водных растворов показывают, что химсостав свидетельствует о том, что большинство засоленных почв относятся к сульфатному типу, в некоторых местах хлоридно-сульфатному. Щелочной состав фильтрата водных растворов состоит из нетоксичных солей гидрокарбоната кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и сульфата кальция CaSO_4 , а также токсичных солей. По мере роста солености токсичные соли увеличиваются и преобладают над нетоксичными. Таким образом, эта взаимосвязь находится между 1,2 и 3,4. Перенос солей в почве является сложным физико-химическим действием и обуславливается помимо содержания солей в почве, но также порозностью почвы и ее гидрофизических характеристик.

1.4 Климат

Климат Кызылординской области является резко-континентальным с длительным жарким, сухим летом и кратким зимним периодом с небольшим количеством снега.

Такого рода погодные условия определены местоположением региона в пределах Евразийского континента, его положением в южной части и специфичной атмосферной циркуляции и свойствами земной поверхности.

В это время года нет значительно резких перепадов температур. Среднегодовая температура июля повсюду составляет 26-29° С. Абсолютная максимальная температура в большей части области составляет 44-48° С. В зимний период расхождение температур между северной частью и южной более выражена. В частности, среднегодовая температура наиболее прохладного месяца января составляет 12,0°С в северной части и -6,0° С в южной. Из-за его открытости к северной части холодные воздушные потоки проходят прямо в регион, создавая волны холода, в частности в зимний период. Самая низкая

температура доходит до -41°C . Периоды среднесуточных температур выше 0°C составляют 240-280 суток. Одной из характерных особенностей климата данной области является его засушливость. Атмосферных осадков выпадает в очень малом количестве. Среднестатистическое годовое количество атмосферных осадков действует в пределах 100-190 мм и рассредоточено по сезонам иррегулярно. Ветер в основном северо-восточный, интенсивный, характерный для всего региона. Среднегодовая сила ветра колеблется между 3,1 и 6,0 м/с. В зимний период, когда температура минимальная, сильные ветры сносят то небольшое то небольшое количество снега с возвышенных равнин, создавая промерзание поверхностных слоев почвы и вызывая их растрескивание. Летом характерны пылевые бури [6].

1.5 Землепользование

Кумуляция соли в корневой зоне почвы является основополагающей в возможности возделывания сельскохозяйственных культур на засоленных почвах. Как правило, если почва сильнозасоленная, не рекомендуется выращивать сельскохозяйственные культуры, если концентрация соли превосходит 0,5% от массы почвы. Почвы средней солености (от 0,2 до 0,5%) эксплуатируются для сельского хозяйства, однако чаще всего при такой солености урожайность ниже. Все полевые культуры хорошо растут при засоленности в пределах от 0,1 до 0,2%. Данные почвы классифицируются как незасоленные. Агрокультуры обладают разной солестойкостью и могут быть разделены на установленные группы в соответствии с их устойчивостью к солености. В основном растения классифицируют на две группы по их отношения к солености почвы: галофиты и гликофиты. Растения, которые растут в пресной, бессолевой среде называют, гликофиты, для которых концентрация солей в 0,5%, по массе почвы, уже является вредным. А галофиты же наоборот, являются растениями, которые приспособлены к среде с высоким содержанием солей. Они могут существовать в почве с соленостью более 0,5% [7].

Такие сельскохозяйственные работы, как земледелие, рекультивация, мелиорация и отгонный выпас скота в Кызылординской области обуславливают качественное преобразование сельскохозяйственных земель. Для того чтоб эффективно использовать земли данной области, необходимо разумное, комплексное территориальное землепользование и землеустройство.

Современный ландшафт и экосистема Кызылординской области формируется под воздействием различных естественных факторов и деятельностью человека. Недостаток или отсутствие природной обводненности сельскохозяйственных земель, бонитет почв, напряженность фоновых гидротермальных условий, естественная засоленность почв, ветровая и водная эрозии, принос солей в фитоценоз ветром, все это является природными предпосылками обуславливающих местную экосистему.

Основной отличительной чертой расположения угодий сельского хозяйства в исследуемом районе является то, что они приурочены к бассейну реки Сырдарья. По состоянию на 2016 год площадь сельхоз угодий в административных границах Кызылординской области составила 10867, 5 тыс. га. В общем составе сельхоз угодий на долю пастбищ приходится - 96,8%, 1,5% – пашни, 0,9% - 0,9 сенокосы, 0,5% - залежь, 0,3 – огороды.

Известно, что окружающая среда в Кызылординской области складывается под значительным воздействием человеческого фактора, таких как использование агрессивных химических веществ в сельскохозяйственном, промышленном и технологическом производстве, а также применение химических удобрений и пестицидов в агрономии.

На территории исследуемого участка имеется 239,9 тыс. га ирригационных земель, которые потенциально могли бы эксплуатироваться для сельскохозяйственных нужд, однако в действительности применяются только 180,6 земель орошения, так же 59, 4 тыс. га не применяются вовсе по таким причинам как, затопление, заболачивание и засоление.

В Кызылординской десятилетия расширения ирригационных зон привели не только к неблагоприятным изменениям водного режима почв и засолению, но и к большому притоку загрязняющих веществ. Вдобавок к предшествовавшему можно прибавить засорение от стоков воды и остатки бытового мусора. В соответствии проведенным анализам эксплуатации сельхоз ландшафтов для Кызылординской области основным типом воздействия представляется пастбище, которое занимает свыше 96,8% площади. Влияние мелиорации, описанных в ирригационных массивах орошения, было усилено на 1,5% от общей площади. Причины неблагоприятных реформаций в экологической ситуации агроландшафта включают:

- реформирования режима стока реки Сырдарья и изменения солености речной воды;
- изменение земель, подверженных дефляции, и повышенная активность выветривания рельефа (сдвиг песков, обеспыливание);
- вторичное солевое разрушение и увеличение пустынных территорий солончаками;
- усиление процесса эрозии почв;
- процессы заболачивания и повреждения от подтопления;
- деградация и сбой ирригационных и дренажных сетей;
- реформирования физико-химических свойств почвы, в частности водного и солевого режимов;
- понижение природного плодородия земли и изменчивость видовой структуры фитоценоза;
- уменьшение площади и урожайности пастбищ и сенокосов;
- замещение за счет изменения коренных местообитаний и антропогенных изменений;
- сокращение количества исключительных местных видов растений.

Следует заметить, что свойства, диапазон, результаты неблагоприятных процессов и явлений в естественных комплексах достаточно различаются.

К наибольшей степени опасным процессам относятся: повреждение качества грунтовых и поверхностных вод, прогрессивность опустынивания деградирования почв.

Сельское хозяйство в Кызылординской области не может развиваться без применения минеральных и органических удобрений, которые негативно влияют на свойства почвы. Основными минеральными удобрениями, рекомендуемыми в Кызылординской области, являются мочевины ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, в составе которого азот (N) 46%, сернокислый аммоний $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в составе азот 20,8%, в форме гранул суперфосфат, состоящий из апатита и фосфата с содержанием фосфора 20,0% и фосфатная руда с содержанием фосфора (P) 15,0%.

В качестве удобрений также используются аммиачная селитра NH_4NO_3 , в составе которого азот 34,0% и мочевины с содержанием азота (N) 46%. Подкисление почвы обусловлено чрезмерным внесением химикатов, вызывающий расход гумуса, вымывание химических соединений и снижение плодородного слоя земли. Засоление ирригационных земель возникает при высоком содержании сульфатов и хлоридов в оросительной воде, а несистематическое потребление пестицидов приводит к загрязнению почвы их остатком. Необходимо подчеркнуть, что в последние десять лет на ирригационных участках Кызылординской области сократилось использование органических и минеральных удобрений рационализировалось содержание токсичных элементов в почвенной толще [8].

1.6 Растительность

Почвенный и растительный покров в Кызылординской области приурочен к пустынной зоне. От общей территории пригодных земель на пойму реки Сырдарья приходится 10%, на полупустыню - 25% и на пустыню - 65%. Исследуемая местность главным образом представляет собой песчаный массив, выстланный растительным покровом из кустарниковых и злаковых групп, включая, житняк сибирский, джужгун, песчаная осока и волоснец кистистый. В равнинной местности на буро-песчаных почвах в значительной степени развит полынно-житняковый растительный покров и весной вместе с эфемерами и эфемероидами. На такырах и суглинистых почвах развиты биюргуново-полынные ассоциации. Также хотелось бы отметить, что на суглинистых и такыровидных почвах хорошо развиты полынно-биюргуновые группы.

Такыровидные солончаки часто встречаются на берегах реки Жанадарья. Заросшие густым кустарником черного саксаула. Состоит из слоистых почв. Характеризуется высокой щелочностью и хрупкой коркой с мелкими неровностями.

Максимальная засоленность (3%)- на мощности 10-100 см, ниже - 0,5%. Почвы мощностью 2 метра имеют хлоридно-сульфатную минерализацию на уровне 240 т/га. Солончаковые, такыровидные и солонцеватые почвы типа образуются на слоисто-аллювиальных тяжелых отложениях.

Поверхность типичного солончака пухлая или покрыта коркой солевого выпота. В редких случаях она покрыта гребенщиками, соляноколосником белянжеровским и анабасисом. Они состоят из расслоенного аллювия с преобладанием светлого промежуточного слоя. Подземные воды на глубине 3-7 метров являются сильно минерализованными имеющие хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный типы засоления, которые становятся хлоридными по мере увеличения солености.

Почвы песчаного типа имеют массовое распространение по всей области, очень разнообразны и перемежаются с другими почвами. В районе Аральского моря и на юге области они формируют масштабные пустыни. Растительность в этом районе разнообразна. Здесь произрастают: акации песчаные, жузгуны, эфемеры и т.д. Почвы характеризуются слабой дифференциацией профиля горизонтов. Без сомнения, направленность процессов почвообразования обуславливается в основном от их использования и интенсивности мероприятий по обработке почвы [9].

2. Материалы и методы исследования

2.1 Данные дистанционного зондирования, использованные в исследовании

Процесс сбора информации об объекте, местности или явлениях без непосредственного контакта, называется дистанционным зондированием.

Дистанционное зондирование относится ко всем бесконтактным исследованиям, проводимым с различных измерительных платформ, включая космические аппараты, самолеты, вертолеты, и спутники, подводные лодки, корабли, а также наземные станции.

Снимки имеют два измерения с метрическим изображением, конкретного объекта, направленно созданное путем дистанционной записи или измерения самого объекта или отраженного излучения и представляет из себя наиболее подходящую форму измерения записи и визуализации излучения с географической информацией рассматриваемого объекта.

Космические съемки осуществляются при помощи спутников, космических кораблей и воздушных шаров. Космическая система основана на длительной эксплуатации систематических групп спутниковых систем, которые состоят из сложной инфраструктуры, которая обеспечивает работу космических аппаратов на орбите, а также получение, хранение и раздача информации.

При помощи своих уникальных характеристик, снимки из космоса широко используются как в практической, так и в научной области. Данные, используемые для исследования Земли из космоса, часто применяется в науках о Земле.

Принцип методов дистанционного зондирования основан на измерении электромагнитного излучения, отраженного или испущенного от объекта, интерпретации результатов, зафиксированных в некоторой удаленной точке пространства.

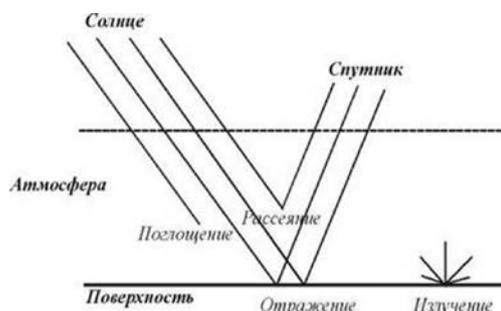


Рисунок 5 – Схема трансформации электромагнитного излучения в дистанционном зондировании [9]

С точки зрения источников энергии все дистанционные способы делят на активные и пассивные. Например, в активных методах спутник отправляет на

нашу Землю сигналы от своих собственных источников энергии, таких как радиолокационный передатчик и лазеры [10].

Более широко распространены пассивные методы дистанционного зондирования Земли, которые регистрируют солнечную энергию, отраженную от поверхности объекта, или электромагнитные волны самой части поверхности.

Таблица 1 – Спектральные диапазоны

0-25 – 0,4 мкм	Ультрафиолетовый диапазон
0,4 – 0,7 мкм	Видимый диапазон
0,7 – 1,3 мкм	Ближний инфракрасный диапазон
1,3 – 3 мкм	Средний инфракрасный диапазон
3 – 1000 мкм	Тепловой или дальний инфракрасный диапазон
1000 мкм – 1 м	Миллиметровый и микроволновый участки

Разнообразные элементы земной поверхности (растения, почва, вода) неодинаково дают отражение падения излучения из разных областей электромагнитного спектра. Кривая спектрального отражения – это графическое представление спектрального отражения предмета от длины волны. При избирании спектрального диапазона значительно важен вид данной кривой, так как он предоставляет возможность исследовать спектральные характеристики объекта, в котором далее будут собираться данные дистанционного зондирования для решения конкретной задачи.

Увеличение коэффициента отражения с возрастанием длины волны, в частности в ближнем инфракрасном и видимом спектрах представляется наиболее яркой характеристикой излучения, которое обычно отражается в сухих почвах.

Взаимодействие между почвенным покровом и излучением приводит к отражению или к поглощению входящего излучения. Так же на отражающие и поглощающие свойства могут повлиять почвообразующие породы, которые имеют различные химические и физические свойства.

В зависимости от почвенных свойств, частотные характеристики кривых отражательной спектральной способности могут существенно отличаться, хотя их формы похожи друг на друга. Такие почвообразующие факторы, как содержание органических веществ, окись и закись железа, влажность и шероховатость поверхности, могут существенно повлиять на отражательную спектральную способность поверхности почвы.

Из вышеизложенного можно сделать выводы о спектральных характеристиках почв:

- С увеличением влажности почв отражательная способность уменьшается;

- Отражательная способность почвы возрастает по мере уменьшения размера частиц, образующих почву;

- Отражательная способность повышается за счет уменьшения неровностей поверхности;

- С повышением в почве органических соединений понижается отражательная способность;

- Повышенное содержание окиси железа снижает отражательную способность почвы.

Данные дистанционного зондирования широко применяется в определении засоленных почв, а также в составлении карт. Такие процессы, как осолонцевание и засоление, могут быть естественными и вызванными человеческой деятельностью и разумеется, цифровое картографирование, основанное на пространственных изображениях, интенсивно изучаются в различных областях [11].

При исследовании пространственного распределения соленых почв часто применяются разнообразные спектральные индексы, такие как соленость, индекс растительности и яркости, которые рассчитываются на базе комбинации спутниковых каналов. Данные индексы предоставляют возможность расшифровать связь между спектральными характеристиками поверхности и почвы в виде ряда солей [12].

На базе индексов почвенной электропроводимости и космических сведений можно выявить корреляции и разработать прогностические модели для оценки засоления почв и составлять картограммы их площади [13].

Поскольку процессы солевого повреждения изменчивы и обусловливаем многими факторами, поэтому для результативного цифрового картографирования почвенного покрова, подвергшихся солевому воздействию, необходимо учитывать многие моменты. Во-первых, необходимо помнить, что данный процесс динамический и может изменяться с течением времени. Эта нестабильность может быть обусловлена естественными и человеческими факторами [14].

На рисунке 2 засоленные почвы (выше 4 dS m⁻¹) имеют значительно более высокую спектральную отражательную способность, чем незасоленные почвы (ниже 4 dS m⁻¹). Коэффициенты корреляции были самыми высокими в диапазоне от 400 до 500 нм с тенденцией к снижению в направлении ближнего инфракрасного диапазона (NIR). Всплески – это шум в данных. Начиная с 688 нм резкое увеличение r-значения указывает на отсутствие статистической значимости, т.е. спектры за пределами 688 нм нечувствительны к электрической проводимости почв почвы. На рисунке показан коэффициент отражения выше 4 dS m⁻¹ (пунктирная линия) и ниже 4 dS m⁻¹ (сплошная линия). Все это свидетельствует о том, что спектральный профиль меняется от солености почвы; чем выше соленость тем выше и отражение.

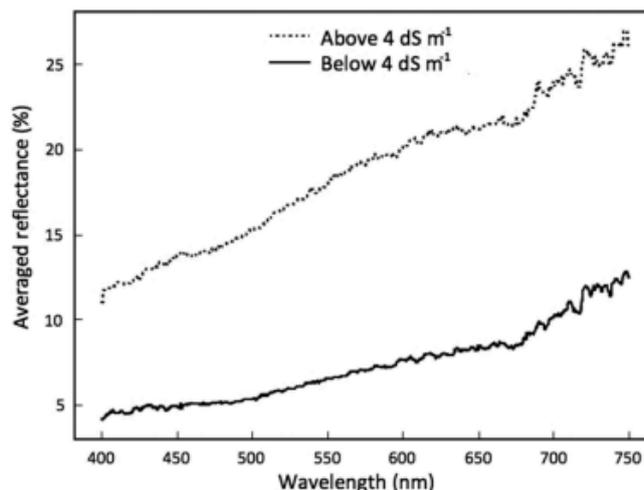


Рисунок 6 - Рассчитанный коэффициент отражения спектров гиперспектрального поля

При зондировании и картографическом исследовании засоленных почв следует применять ряд снимков, сделанных в разных сезонах года. Следует также не принимать во внимание, спутниковые многоспектральные снимки, показывают засоленность только на поверхностном слое почвы, в то время как, засоленность может присутствовать в более глубоких слоях почвы.

Засоление почв – одно из самых угрожающе опасных, ограничивающих плодородные свойства земли, представляющую глобальную угрозу земельным ресурсам сельхоз угодий, что приводит к ухудшению качества воды и в целом приводит к деградации полузасушливых и засушливых районах.

2.2 Фактический материал, положенный в основу работы

В данной научно-исследовательской работе представлен анализ совместного использования данных со спутников Sentinel-2 MSI и Landsat 8 OLI на примере засоленных почв Кызылординской области Казалинского района.

Sentinel-2 – миссия европейского происхождения, имеющая широкие полосы высокого разрешения. Он представляет собой полномасштабную миссию, состоящую из пары спутников, которые летают на одной орбите, с расхождением фаз на 180°, и предназначен для совершения высокочастотных возвращений к экватору в течение пяти дней.

Прародителем спутников-близнецов Sentinel-2 являются Spot и Landsat, которые продолжают предоставлять данные съемки, внося свою долю в развитие современного многоспектрального мониторинга. Данные спутники применяются для поддержки широкого спектра обслуживания и приложений, предоставляемых компанией Copernicus, в том числе землеустройство, сельскохозяйственная деятельность, лесное дело, управление стихийными

катастрофами, гуманитарная помощь, картографирование рисков и вопросы безопасности.

Sentinel-2 имеет оптическую полезную нагрузку с выбором из 13 спектральных диапазонов, из них на 10 метров четыре диапазона, на 20 метров шесть диапазонов и на 50 метров с максимальным пространственным разрешением три диапазона. Полоса пропускания орбиты имеет 290 км [15].

Sentinel-2 имеют два канала, Sentinel-2A Sentinel-2B, запущенные европейскими ракетами VEGA. Масса данных спутников составляет 1,2 тонны.

Их гарантийный срок составляет 7,25 лет, в том числе 3 месяца вводного этапа использования на орбите. Топливо и аккумулятор рассчитаны на 12 лет пользования, в том числе и сход с орбиты по окончании срока службы.

Оба спутника Sentinel-2 работают одновременно на солнечно-синхронных орбитах со средней высотой 786 км с разностью фаз 180° относительно друг друга. Орбитальное положение обоих спутников определяется приемником ГНСС. Точность трассировки поддерживается специальной приводной системой.

Данная спутниковая система была создана объединением стран Германии и Франции (ответственный за MultiSpectral Instrument (MSI)).

Этот мультиспектральный инструмент имеет пассивную работу, улавливая солнечный свет, который отражается от земной поверхности. Когда спутник движется по своей орбите, устройство получает новые данные. Поступающий свет разделяется делителем луча и сосредотачивается на двух станциях фокальной поверхности, первый в видимом ближнем инфракрасном диапазоне (VNIR), а второй в коротковолновом инфракрасном диапазоне (SWIR). Каждый диапазон спектрально разделяется на отдельные длины волн с помощью полосового фильтра, расположенного над детектором.



Рисунок 7 – Схематичный вид развернутого космического корабля SENTINEL-2 изображение с сайта [16].

Оптика телескопа MSI создает фокус внимания 290 км (FOV). Устройство клапана не позволяет прямому солнечному свету освещать инструменты на орбите, предохраняя от загрязнения на момент запуска. Эта же система

действует как калибровальный механизм, улавливая солнечный свет после его отражения от рассеивателя.

11 февраля 2013 года в штате Калифорния с авиабазы ВВС Ванденберг, взлетел спутник Landsat 8, на ракете Atlas-V 401, состоящий из двух приборов: наземный имиджер (OLI) и тепловой инфракрасный датчик (TIRS).

Данные датчики предоставляют покрытие всей поверхности Земли с пространственным разрешением 30 метров, тепловое – 100 метров, панхроматический – 15 метров.

Landsat 8 был создан объединением НАСА и USGS (геологическая служба США) [18].



Рисунок 8 – Схематический вид развернутого космического корабля LANDSAT-8 [19].

Наземный инфракрасный датчик (OLI) на борту спутника Landsat-8 – это датчик, наблюдающий видимое, ближнее инфракрасное и коротковолновое инфракрасное излучение. Его снимок имеет цветовое разрешение 15 метров и многоспектральное пространственное разрешение, составляющее 30 метров на площади протяженностью 185 км, которая охватывает большие территории Земли с разрешением, достаточным для идентификации таких объектов, как города, усадьбы, лесные массивы и т.д. Благодаря полярной орбите спутника Landsat-8 вся земля становится видимой каждые 16 дней [20].

Прибор Landsat-8 действительно является эволюционным технологическим прогрессом в истории человечества. Также OLI представляет собой более усовершенствованный датчик в отличие от своего предшественника, в котором используется технический метод, показанный датчиком, установленным на предыдущем спутнике EO-1 от НАСА. OLI – это веерообразный сенсор, имеющий телескоп с четырьмя каналами и 12-битной функцией квантования.

OLI накапливает информацию в видимом, ближнем инфракрасном и коротковолновом инфракрасном спектральном диапазоне и в

панхроматическом диапазоне спектра. Срок его службы составляет пять лет [21].

2.3 Программы, использованные в исследовании

Компьютерный анализ изображений в данной работе проводится в известном программном обеспечении ArcGIS.

ArcGIS – это комплексная система для сбора, организации, управления, анализа, совместного использования и распространения географической информации. Эта программа является ведущим мировым поставщиком платформ для создания и применения геоинформационных систем, ArcGIS применяется человечеством во всем мире для использования географической информации в практических областях государственного регулирования, экономики, в научных и образовательных сферах и средствах массовой информации. Программа ArcGIS делает возможным публиковать информацию географического характера, которая является доступной для всех пользователей. Доступ к системе можно получить из любой точки мира, главное иметь доступ к веб-браузерам, компьютерам или мобильным устройствам, таких как смартфоны.

Это приложение делает возможным получать достоверную географическую информацию, которая может запросто использоваться любым человеком, который в свою очередь может ею обмениваться. А также эта система содержит пакет прикладных программ, облачных вычислений, специальные инструменты, регулируемые ресурсы такие как стандартные приложения, карты базового формата, подготовленные к применению, пользовательский надежный контент, распространяемый сообществом. Поддержка сервера и облачной платформы делает возможным осуществлять обработку в сообществе и обмен информацией, и в то же время важная информация для планирования и принятия решений доступна практически каждому [22].

Данное приложение предлагает пользовательский интерфейс и различные функции пользовательского интерфейса. Arcgis Pro поддерживает 2D, 3D и 4D, которая может визуализировать данные, расширенную аналитику и надежное обслуживание данных [23].

2.4 Фильтрация изображения

Снимки, которые были получены при помощи космических ресурсов пространственного дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), имеют очень важное значение в исследованиях научной сферы, промышленности, в сельском хозяйстве, военном применении и т.д.

В общемировом сообществе ведется процесс исследования и создания космических летательных аппаратов ДЗЗ и связанных с ними наземных наборов обработки снимков.

Между тем, необходимо подчеркнуть, что получение спутниковых снимков связано с серьезными техническими трудностями и зависит от факторов искажения, которые необходимо максимально учитывать и компенсировать при преобразовании оптических сигналов в цифровые данные. А также снимки земной поверхности, полученные с космоса, представляет собой очень своеобразный информационный объект, на обработку которого следует использовать специальные математические подходы и вычислительных алгоритмов.

Давайте вернемся к вопросу первичной обработки снимков на местности, наиболее сложными задачами (вычислительной) в этом случае являются, снижение уровня шума, покрытие линейных деформаций и поиска корреляций между опорным точками поверхности. По этой причине была совершена попытка построить алгоритм фильтрации снимков, наиболее подходящий с учетом темпа преобразования сведений.

Существует два способа создания скоростного алгоритма линейной фильтрации. Один из которых использует дискретное преобразование Фурье и реализации рекуррентной обработки сведений [24].

Хорошо известно, что цифровые снимки представляют собой пиксельную матрицу, и каждый пиксель получается с помощью инструментов для четырех компонентов: пространственных координат (X и Y), длины волны и времени.

Цифровые изображения показаны в 8- или 24-битной шкале серого цвета с различными тонами R, G, B, смешанными вместе. При объединении оттеночных значений, который соответствует трем каналам мультиспектрального цифрового изображения, первичный диапазон значений пикселей преобразуется в ограниченный диапазон.

Данные из различных спектров применяются для преобразования изображений, и эти данные могут быть связаны с другими датами осуществления съемок. Это преобразование создает новые изображения, которые намного четче выделяют определенные объекты и области, представляющие интерес [25].

2.5 Классификация изображения

При дешифрировании изображений обычно пытаются выбрать единую пиксельную группу, принадлежащую к разным подклассам пространственного объекта. Цифровая классификация, с другой стороны, заключается в анализе каждого пикселя и присвоении ему определенного класса на основе спектральной информации. Тип данной классификации также известен, как спектральное распознавание образов. В двух случаях цель состоит в том, чтобы

разделить пиксели на снимке на определенные классы пространственных объектов. Полученный снимок, представляет собой тематическую карту.

Упомянув классификацию, необходимо проводить различие между информационными и спектральными классами. Информационные классы представляют собой объекты, которые в обязательном порядке определить на изображениях, например, растительный покров, геологические строения, виды горных пород и т.п. и наоборот, спектральный класс представляет собой группу пикселей, которые имеют почти одинаковую яркость в определенном диапазоне.

Одной из главных задач классификации является объединение спектральных и информационных классов. Само собой, очень редко эти два класса полностью и однозначно соответствуют друг другу. Чаще всего, один информационный класс соответствует двум или трем спектральным классам, тогда как, другие спектральные классы абсолютно не соответствуют ни одному объекту.

Существует два подхода классифицирования: контролируемый и неконтролируемый. Контролируемая классификация использует регионы, выбранные специалистом, в зависимости от того, принадлежат ли они к конкретному классу информации. При избирании данных регионов специалист полагается на знание местности и объектов, которые там находятся. Следовательно, он регулирует распределение всех объектов конкретные виды.

Функция пикселей назначенных территорий в качестве учебного примера для конфигураций программы обнаружения. Это определяет взаимосвязь с каждой областью. Сумма спектральных характеристик, которые определяют один класс пикселей в цифровом изображении. Затем все пиксели изображения будут принадлежать к той или иной классификации на основе согласованного сопоставления с каждым подготовленными критериями. Следовательно, в контролируемом классифицировании в первую очередь обозначаются информационные виды, после чего подходящие к ним спектральные.

В случае неуправляемом классифицировании процедура прямо противоположна: в первую очередь назначаются спектральные классы, основанные исключительно на информации, доступной из данных, и только после чего производится попытка присвоения его фактическому объекту. Первый шаг, кластеризация данных, выполняется с помощью программного обеспечения для кластерного анализа. Программа обычно ссылается на количество групп (кластеров), в которых оператор, по его мнению, может совместно использовать все исходные данные. Процесс кластеризации является итеративным. Поэтому, невзирая на наименование, неуправляемая классификация не может быть абсолютно автоматической. Однако класс свойств этого метода не предопределен заранее, а определяется в результате числовой процедуры [17].

С приходом многозональных пространственных изображений вышел современный инструмент для косвенного анализа растений, основанный на анализе спектральных кривых – NDVI (относительный нормализованный

вегетационный индекс). В первый раз такой анализ был использован учеными в США в 1970-х годах. После чего исследования такого же рода были проведены в Российской Федерации, Англии, Китае, Венгрии, Индии и в Канаде.

Значение NIR относится к отраженному свету в ближнем инфракрасном спектре, а RED – к отраженному свету в красной зоне спектра. В соответствии данной формулы, насыщенность и густота растительности в любой точке изображения равняется разности интенсивности света, который отражается в инфракрасном и красном диапазонах, и делится на сумму интенсивности.

Тем не менее такого рода легкие методы расчета таит в себе значительные погрешности, на которые оказывают влияние отличия в освещении, облаках, тумане, поглощение излучения атмосферой, отражение почвенного покрова и т.д. Поэтому для того, чтоб получить более точные результаты используется комбинированный способ нормализации разницы между минимальными и максимальными отражениями.

Значение этого показателя высчитывают в пределах от -1 до $+1$, и для аналитики растительного покрова индекс может содержать именно положительный показатель.

Показатель индекса в одном и том же регионе регулярно изменяется в процессе сезона, в соответствии со стадией развития культуры. Этот показатель увеличивается с началом вегетационного этапа, а увеличение, которого нет в индексе, останавливается в момент цветения и переходит в стадию уменьшения, когда культура созревает. Разумеется, что на показатель индекса влияют плодородие почвы, агротехника и погодные условия. Наиболее достоверная оценка урожайности сельскохозяйственных культур определяется по наибольшему количеству осадков. На примере зерновых вершина вегетации обычно выпадает в момент начала стадии колошения [26].

Нормализованный индекс разности снежного покрова. Этот показатель основан на коэффициенте отражения от поверхности земной поверхности. Он является нормализованным разностью между спектральным участком зеленого и коротковолнового инфракрасного диапазонов. В целом, отличить снег от облаков на спектральных изображениях довольно сложно, поскольку эти объекты очень схожи по яркости. Тем не менее на определенных длинах волн снежный покров поглощает солнечный свет и соответственно на снимках можно разглядеть более или менее темные объекты, чем облака.

Он применяется в целях обнаружения и отличия снега от растительного покрова, почвенного покрова и горных пород для отделения заснеженных участков

Показатель этого индекса находится в пределах от -1 до 1 . Вероятность присутствия снежного покрова равна значению пикселей, близкому к 1 [27].

RVI (Индекс радиолокационной растительности) - это хорошо проявивший себя индекс. В этом индексе используются интенсивности линейного рассеивания, которые измеряются как в общей, так и в перекрестной поляризации, и нормализуются до чистого значения от 0 до 1 , которое увеличивается по мере роста растений. Длинноволновое микроволновое

рассеивание содержит информацию от растений и почвы (увлажнение и неровности).

Метод SAVI (почвенно-адаптивный индекс растений) – это индекс растений, в котором используются поправочные коэффициенты на яркость почвы, чтобы как можно больше уменьшить влияние яркости почв. Это индекс нередко применяется в пустынных районах, где растительностью не много, и в результате получается значение от -1,0 до 1,0.

NDMI – это стандартный индекс разницы влажности, весьма чувствителен к уровню увлажнения растения. Он применяется для мониторинга засухи и показывает содержание горючих веществ в огнеопасных районах. В своей работе применяет каналы NIR и SWIR чтоб получить элементы, которые устраняют эффекты света и атмосферы.

2.6 Методы изучения засоленности почв

Факторы солевых проблем в почвах можно разделить на две группы: первичные и вторичные факторы. Основными движущими силами являются естественные источники минеральных элементов, способствующих возникновению солевых проблем, или природные условия, содействующие развитию засоленных почв. Вторичное засоление – это факторы, усугубляющие положение засоленных почв. Они во многом связаны с вмешательством человека в природную среду. В таблице приводится сводная информация об этих факторах, вызывающих солевые проблемы в почве.

Таблица 2 – Факторы засоления почв

Основные факторы	Вторичные (антропогенные) факторы
Соленые исходные материалы	Приложение для орошения
Климат (засушливый и полузасушливый климат)	Неправильное внесение удобрений
Грунтовые воды	Неправильная утилизация отходов
Морская\приливная вода	Неправильное использование сточных вод
Приносимые ветром частицы соли	Неправильное использование почвенных добавок
Паводки\сток с засоленных областей	Неправильное управление почвенными водами и изменение землепользования

Засоление почвы возникает, когда преобладают восходящие потоки влажности, то есть водный режим в типе сточных вод формирует условия, при

которых количество испарений должно превышать содержание осадков, а уровень подземных вод должен быть довольно высоким.

Значительную важность в мелиорации имеют почвы засоленного типа как солончаковатые, солончаковые и соответственно сами солончаки, а также солонцеватые и солонцы.

Для правильного улучшения этих почв нужно исследовать физические и химические свойства засоленных типов почв, структуру солевых профилей, а также тип химического засоления и иные показатели и характеристики.

Почвы, у которых в почвенном профиле имеется засоленный горизонт в 2 метрах от поверхности и толщиной не менее 5 сантиметров, классифицируются как соленые. Почвы с горизонтом засоления более 2 метров или грунтовые воды с увеличенной минерализацией (более 3 граммов на литр) потенциально классифицируются как соленые.

При восстановлении засоленных почв особенно важна характеристика почвы в зависимости от типа химического состава, то есть качественного состава соли и уровню ее засоления. Химический состав и степень засоления представляют собой важнейший показатель засоленности почвы с экологической точки зрения, из-за того, что они определяют ее стойкость к засолению сельскохозяйственных культур.

Химический состав (форма) соли определяется составом и соотношением катионов при водной экстракции, составом и соотношением катионов. Состав солончаков и засоленных почв в основном включает в себя катионы Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и анионы Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-

По этой причине выделяют в пропорции с катионами кальциево-натриевые натриевые, магниевые-натриевые, и т.д. солончаки, в пропорции с анионами – хлоридно-сульфатные, сульфатные хлоридные солончаки.

По исследованиям В.А. Ковды и Н.И. Кондорской обнаружено, что виды засоления почв носят последовательные географические области:

- области с содовым соленакоплением обнаруживаются в основном в лесостепных и степных зонах;
- хлоридно-сульфатное и сульфатно-хлоридное засоление преобладает в пустынных и полупустынных зонах;
- хлоридное засоление преобладает в прибрежных районах Прикаспийской низменности;
- сульфатное засоление обнаруживается в степных и сухостепных районах.

На данный момент времени нужно определять экологическое воздействие солей по содержанию в составе вредных ионов. Токсичными являются ионы, которые могут образовывать токсичные соли. Ионы хлора, натрия и магния токсичны. Он токсичен при образовании солей натрия и магния. Гипс и карбонат кальция (бикарбонат) нетоксичны.

Самой токсичной солью считается сода, а засоленные почвы, содержащие соду, не являются наиболее подходящими почвами для выращивания сельскохозяйственных культур.

токсичное влияние соли устанавливается в составе в ней около 0,7 грамм/литр, но сода токсична уже из расчета 0,3 грамм/литр.

Уровень засоления определяется соленостью в зависимости от химического состава засоления. Соленость в целом классифицируется следующим количеством соли в солевой толще:

- менее 0,25% - незасоленные почвы;
- 0,25–0,5% - слабозасоленные;
- 0,5–1,0% - средnezасоленные;
- 1,0–2,0% - сильнозасоленные;
- более 2,0% - солончаки.

Данная система измерений не единственная в мировом сообществе. Есть и другие индикаторы. К примеру, различают соленые почвы по тяжелому остатку следующим образом:

- тяжелый остаток более 0,7% - сильно солончаковые;
- 0,5–0,7% - средне солончаковые;
- 0,25–0,5% - слабо солончаковые.

В соответствии с составом солености, содержания гумуса в почве и состава измеряемых гранул границы между типами солености смещаются в ту или другую часть. К примеру, в присутствии хлора и соды токсичные воздействия обнаруживаются при составе с меньшим, чем сульфатов.

На данный момент ведутся работы по улучшению картографирования соленых почв по всему миру. Это подробные карты (Хитров, 2005), модификации малых и средних почвенно-солевых карт, основанные на космических записях, крупномасштабная карта, основанная на цифровом анализе космической изображении [28].

Круг стран, интересующихся этой темой, очень широк. Лидерами в этой области являются Индия, Австралия, США и Китай. Уже в 1980-х годах Индия занимала особое положение, когда начала активно и постоянно разрабатывать математические методы к расшифровке дистанционных снимков для оценки засоления почв. Целью программы была разработка технологий для борьбы с орошением и засолением почвы [29].

3 Методические основы и результаты исследования

Для выполнения исследования начальным этапом было скачивание спутниковых снимков Landsat-8 через сервис Glovis. EarthExplorer – это сайт USGS, через который происходит получение самих данных.

Для начала была совершена регистрация на сайте. Далее была произведена настройка параметров для необходимых снимков. После чего приступила к поиску нужной исследуемой территории, а точнее Кызылординская область Казалинский район.

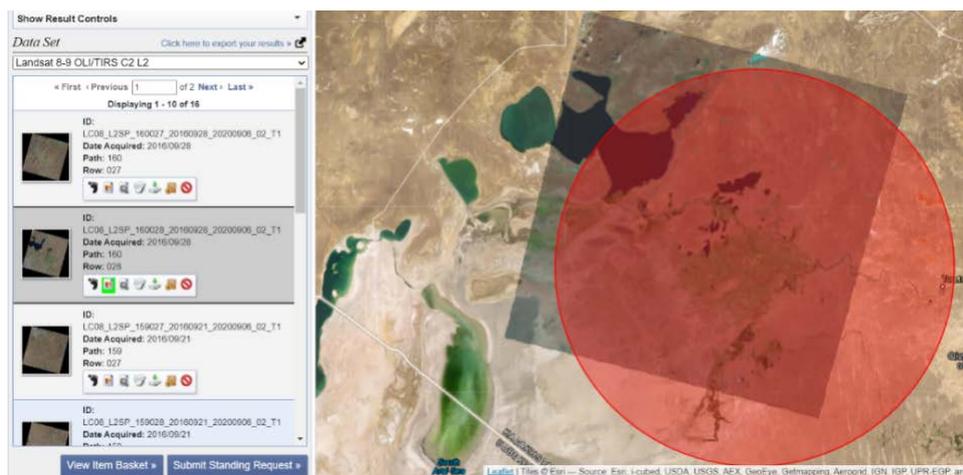


Рисунок 9 – Установление параметров и поиск снимков на сайте EarthExplorer

Для получения снимков Sentinel-2 необходимо перейти на сайт scihub.copernicus.eu, также выставляем параметры и находим интересующую нас область, после чего нужно подать заявку на скачивание снимка. Все снимки заархивированы, поэтому их нужно разархивировать.

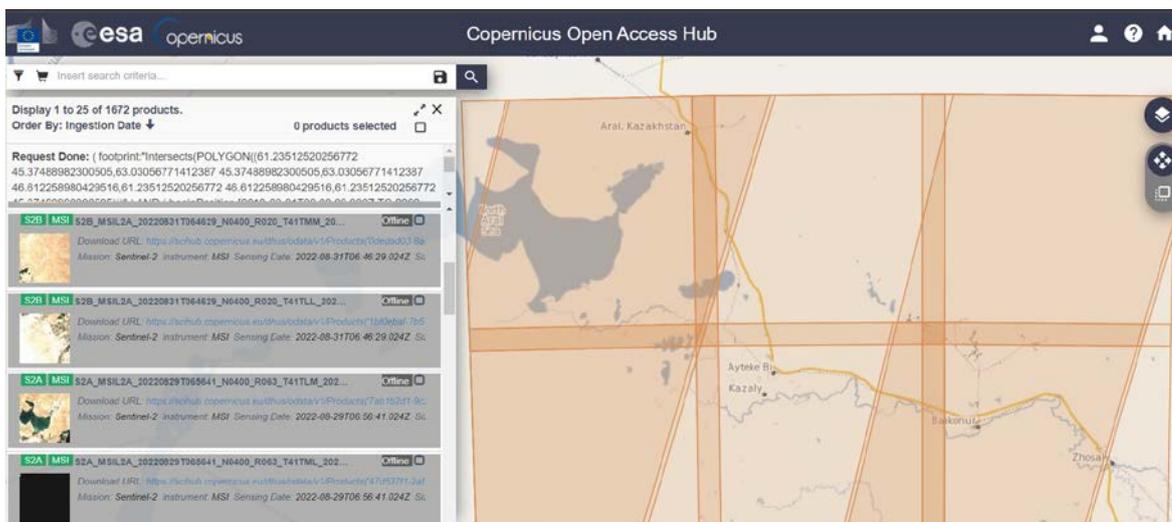


Рисунок 10 – Установление настроек и поиск снимков Sentinel-2

Мною были выбраны снимки в период с 2015 по 2022 года, с промежутками 3 года. Все спутниковые снимки принадлежат к месяцу – сентябрь.

Таблица 2 – Даты снимков исследуемой области

Landsat-8	Sentinel-2
10 сентября 2015	12 сентября 2015
18 сентября 2018	6 сентября 2018
13 сентября 2022	28 сентября 2022

После чего, открываю программу ArcGIS, добавляю необходимые каналы со скаченных снимков. Далее с применением инструмента «Калькулятор растров» был произведен расчет с помощью индексов, показанных в таблице 3. В данной таблице представлены индексы, формулы с помощью которых необходимо рассчитать эти индексы, соответствующие им каналы, а также длины волн.

Таблица 3 – Формулы и характеристики вегетационных индексов

Индекс	Формула	Sentinel-2		Landsat-8	
		каналы	длина волны (µm)	каналы	длина волны (µm)
NDVI	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	Blue (B2)	0.490	Blue (B2)	0.45 - 0.51
NDSI	$\frac{(Green - SWIR1)}{(Green + SWIR1)}$	Green (B3)	0.560	Green (B3)	0.53 - 0.59
CRSI	$\frac{(Red * NIR) - (Blue * Green)}{(Red * NIR) + (Blue * Green)}$	Red (B4)	0.665	Red (B4)	0.64 - 0.67
RVI	$\frac{NIR}{Red}$	NIR (B8)	0.842	NIR (B5)	0.85 - 0.88
SAVI	$(1 + L) \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)}$	SWIR (B11)	1.610	SWIR (B6)	1.57 - 1.65
NDMI	$\frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$				

После того как произвели вычисление по индексу необходимо зайти в свойства выбрать (растянуть значения по цветовой схеме) и выбираем цветовую схему. На рисунке 11 произведен расчет по индексу NDVI, с помощью комбинирования каналов NIR и Red.

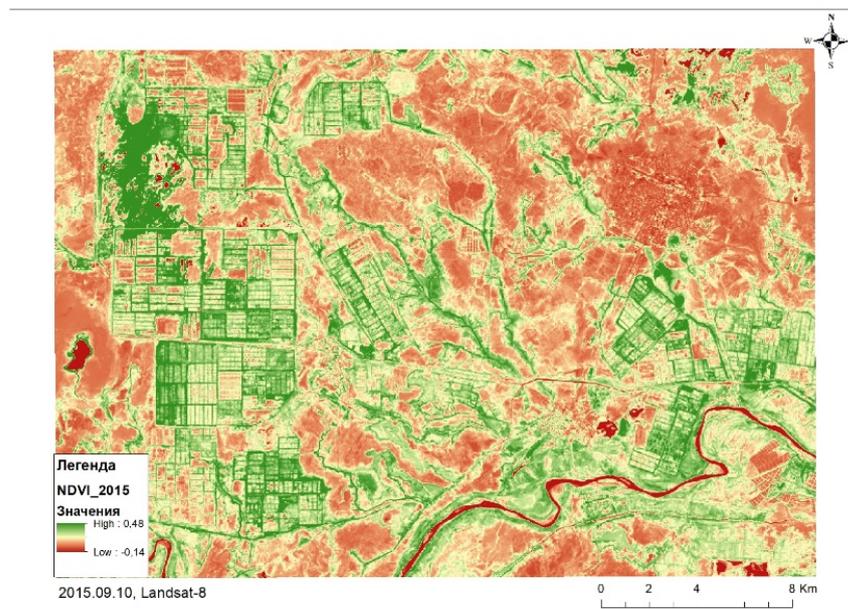


Рисунок 11 – снимок исследуемого участка с вычтенным NDVI

Диаграмма матрицы рассеивания – это инструмент визуализации данных, позволяющий сравнивать друг с другом несколько наборов данных, рассматривая их особенности и взаимосвязи.

Диаграмма матрицы рассеивания (Scatter Plot Matrix - SPM) используется в качестве входных данных слой или таблицу.

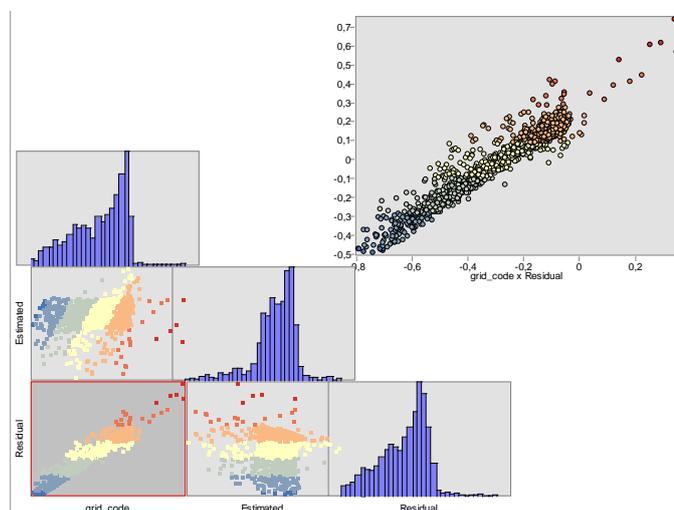


Рисунок 12 – Scatter Plot Matrix Landsat-8

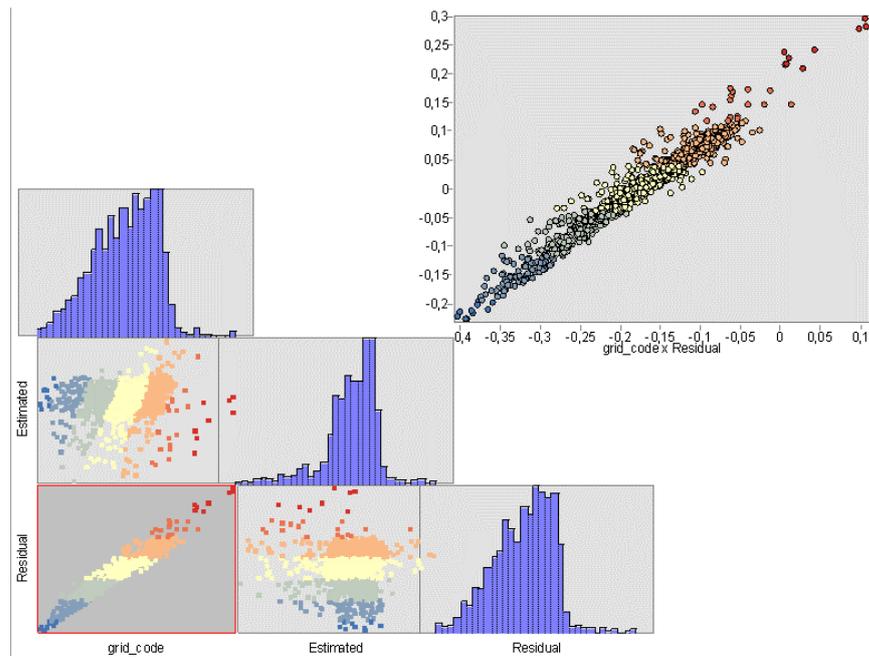


Рисунок 13 – Scatter Plot Matrix Sentinel-2

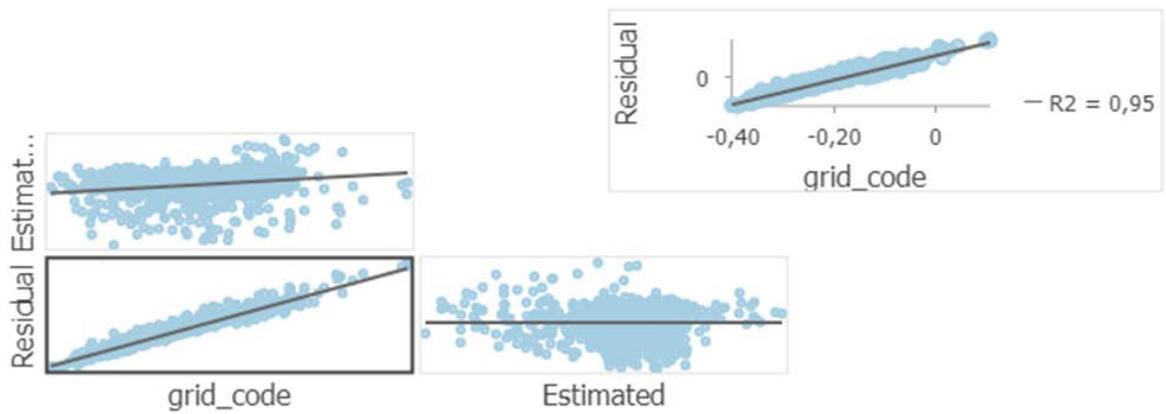


Рисунок 14 – Матрица точечной диаграммы данных с Sentinel-2

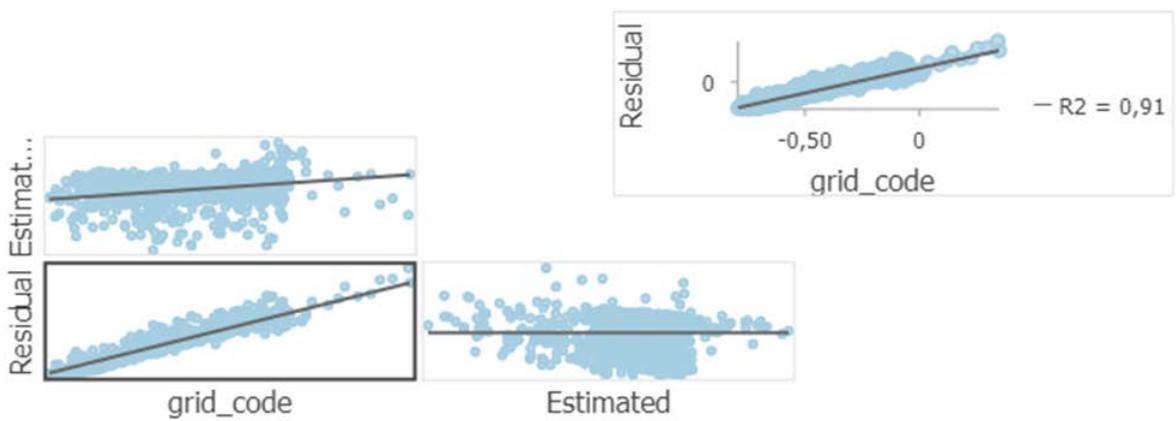


Рисунок 15 – Матрица точечной диаграммы данных с Landsat-8

Коэффициент детерминации, метрика R2 (R-squared), позволяет быстро делать проверку на адекватность.

$$R^2 = 1 - (\text{mse_model} / \text{mse_mean})$$

Единица минус доля средней квадратичной ошибки модели от MSE среднего.

Чем меньше средняя квадратичная ошибка, тем R2 больше (ближе к единице), тем выше качество модели. Чем больше R2, тем выше качество модели. Если R2 отрицательна, то модель работает хуже, чем простой подсчет среднего.

При выполнении анализа для сравнения и проверки данных использовались карты составленные FAO of the United Nations. Организация предоставляет актуальные данные на бесплатной основе.

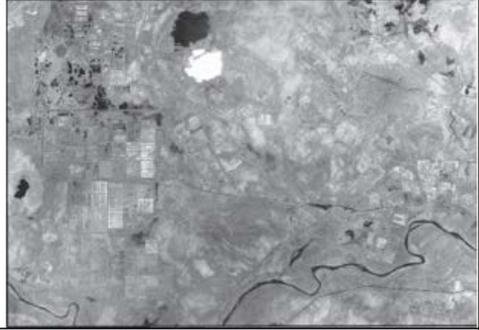
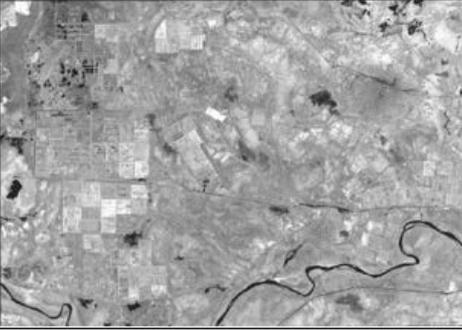
		Salinity Index 14 $= \frac{R * NIR}{G}$
		Salinity Index 10 $= \frac{B}{R}$
		RBG (4,3,2)

Рисунок 16 – Вычисление индексов солености почвы

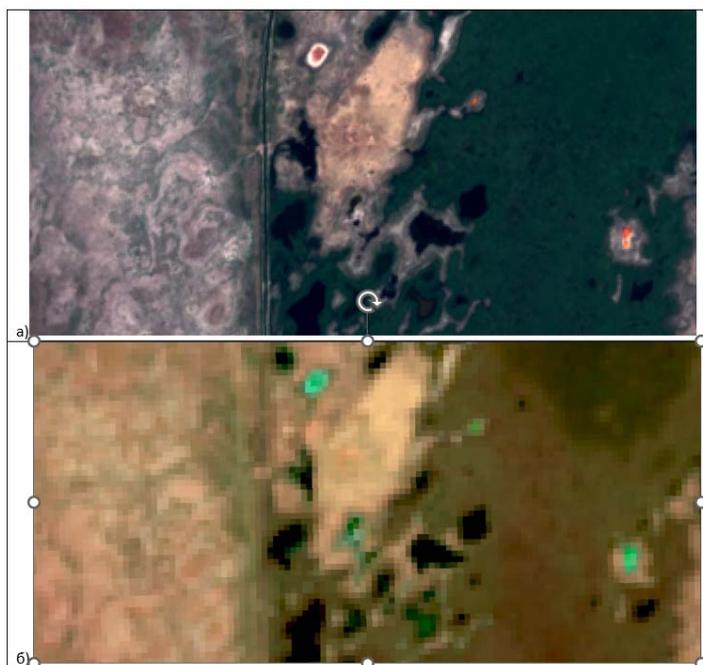


Рисунок 17 – Изменение разрешения снимка на одной территории: а) Sentinel-2; б) Landsat -8



Рисунок 18 – Солевые участки на снимке Sentinel-2



Рисунок 19 – Солевые участки на снимке Landsat-8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе изучаются засоленные участки сельскохозяйственных земель, которые расположены в Кызылординской области Казалинского района с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Были рассмотрены засоленные почвы и факторы почвообразования с помощью снимков Sentinel-2 и Landsat-8. Задачей исследования является в оценке и сравнении разновременных снимков, полученные за 2015, 2018, 2022 года. Также в рассмотрении экологической проблемы, который приводит к разрушениям и деградации почвенного покрова в природной среде.

Также проведены работы со спутниковыми снимками, расчет показателей индексов и интерпретация их в исследовании засоленных почв. Текущее исследование содействует в улучшении продуктивности сельскохозяйственных угодий. В ходе выполнения этого дипломного проекта были Улучшены навыки владения программным обеспечением ArcGIS.

Для дешифрования мелких участков данные со снимков Sentinel-2 являются более предпочтительными, так как у них разрешение выше, чем у Landsat-8 и дают более достоверные результаты. Разрешение у Sentinel-2 составляет 10 метров, а у Landsat-8 – 30 метров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Географическое положение и природные условия Кызылординской области [Электронный ресурс] // <https://qorda.kz/ru/aboutus/1-geograficheskoe-polozhenie-i-prirodnye-uslovija.html>
- 2 Зинабдин Н.Б., Темирбаева Р.К. информация по научно-исследовательскому проекту «создание атласа Кызылординской области и интерактивных электронных карт на основе ГИС технологий» (2018-2020 гг.)
- 3 Nield S.J., Boettinger J.L., Ramsey R.D. Digitally mapping gypsic and natric soil areas using Landsat ETM data // Soil Science Society Amer. J. 2007. Vol. 71 (1), pp. 245–252
- 4 Панкова Е.И., Мазиков В.М. Оценка засоления орошаемых почв хлопковых полей по аэрофотоснимкам (на примере Голодной степи) // Почвоведение. 1976. № 5. С. 55–56.
- 5 Есембекова Г. Б., Есенгелдиева Л. К., Водный и солевой режим сероземных почв юга Казахстана. Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова. г. Шымкент, 2019. – 180 с.
- 6 Географическое положение Кызылординской области [Электронный ресурс] // <https://geosfera.org/aziya/kazakhstan/2660-kyzylordinskaya-oblast.html>
- 7 Аскарлова Г.Ш., Орынбеков Д.Д., Асанова Г.Ж. Фитомередиация засоленной почвы Кызылординской области с использованием сахарной свеклы. Кызылорда, 2020. 98 с.
- 8 Кудерин А.А., Тулетаев А.Б., Омаров А.Н. Загрязнения земель сельскохозяйственного назначения Кызылординской области. Кызылорда, 2017. 45 с.
- 9 Ибадуллаева С.Ж., Таженова С.К. Характеристика почвенно-растительного покрова Кызылординской области, 2019. 25 с.
- 10 Сутырина Е. Н., Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.
- 11 Савин И.Ю., Отаров А., Жоголев А.В., и др. Выявление многолетних изменений площади засоленных почв Шаульдерского орошаемого массива по космическим снимкам Landsat // Бюлл. Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2014. Вып. 74. С. 49–65
- 12 Зайдельман Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов. – М.: КДУ, 2009. – 752 с.
- 13 Taghadosi, M.M. Retrieval of soil salinity from Sentinel-2 multispectral imagery / M.M. Taghadosi, M. Hasanlou, K. Eftekhari // European Journal of Remote Sensing. -2019. - Vol. 52. - №. 1. - P. 138-154.
- 14 В.А. Ковда. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. – М.: Наука, 2008. – 418 с.
- 15 Европейский спутник Sentinel-2 [Электронный ресурс] // <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>
- 16 Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Москва: Техносфера, 2008. - 312 с.

- 17 Инструменты Landsat-8 [Электронный ресурс] // <https://earth.esa.int/eogateway/missions/landsat-8>
- 18 Запуск Landsat-8 [Электронный ресурс] // <https://danielmarin.naukas.com/2013/02/12/lanzamiento-del-landsat-8-atlas-v-401/>
- 19 Европейский спутник Sentinel-2 [Электронный ресурс] // <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>
- 20 Европейское космическое агентство [Электронный ресурс] // <https://earth.esa.int/eogateway/missions/landsat-8>)
- 21 <https://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/articles/026n00000014000000>.
- 22 Система ArcGIS [Электронный ресурс] // <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>
- 23 Маргулис В.Ю. Количественная оценка засоленности почв для промывок засоленных земель // Почвы крупнейших ирригационно-мелиоративных систем в хлопкосеющей зоне. М., 1975. С. 3–78.
- 24 Обработка цифровых снимков в ДЗЗ [Электронный ресурс] // <https://habr.com/ru/post/210810/>
- 25 Кашкин В. Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие / В. Б. Кашкин, А. И. Сухонин. – М: Логос, 2001. – 264 с.
- 26 Вегетативные индексы [Электронный ресурс] // <https://innoter.com/articles/vidy-vodnykh-indeksov-i-ikh-primeneniye/>
- 27 Панкова Е.И., Мазиков В.М., Исаев В.А., Ямнова И.А. Опыт использования аэрофотоснимков для характеристики засоления почв неорошаемых территорий сероземной зоны // Почвоведение. 1978. № 3. С. 82–85.
- 28 Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств. На примере дерново-подзолистых почв. – М.: ЛКИ, 2008. – 160 с.

Приложение А

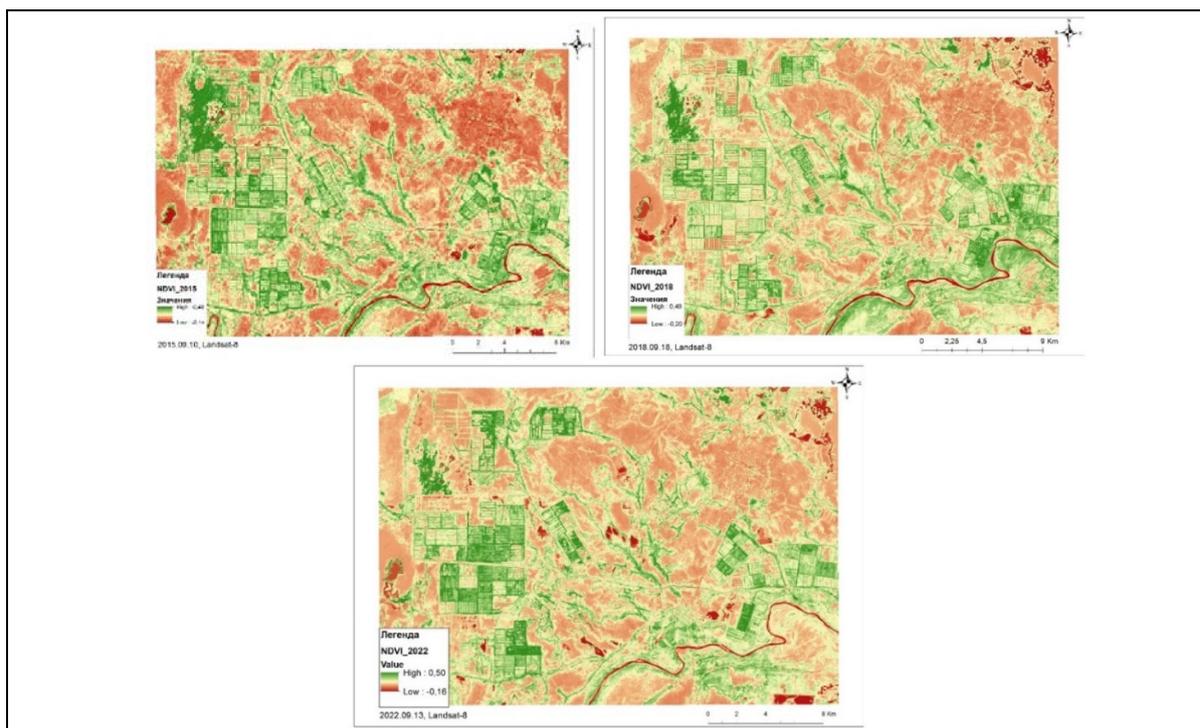


Рисунок А.1 – снимки Landsat-8 с вычисленным индексом NDVI за 2015, 2018, 2022 года

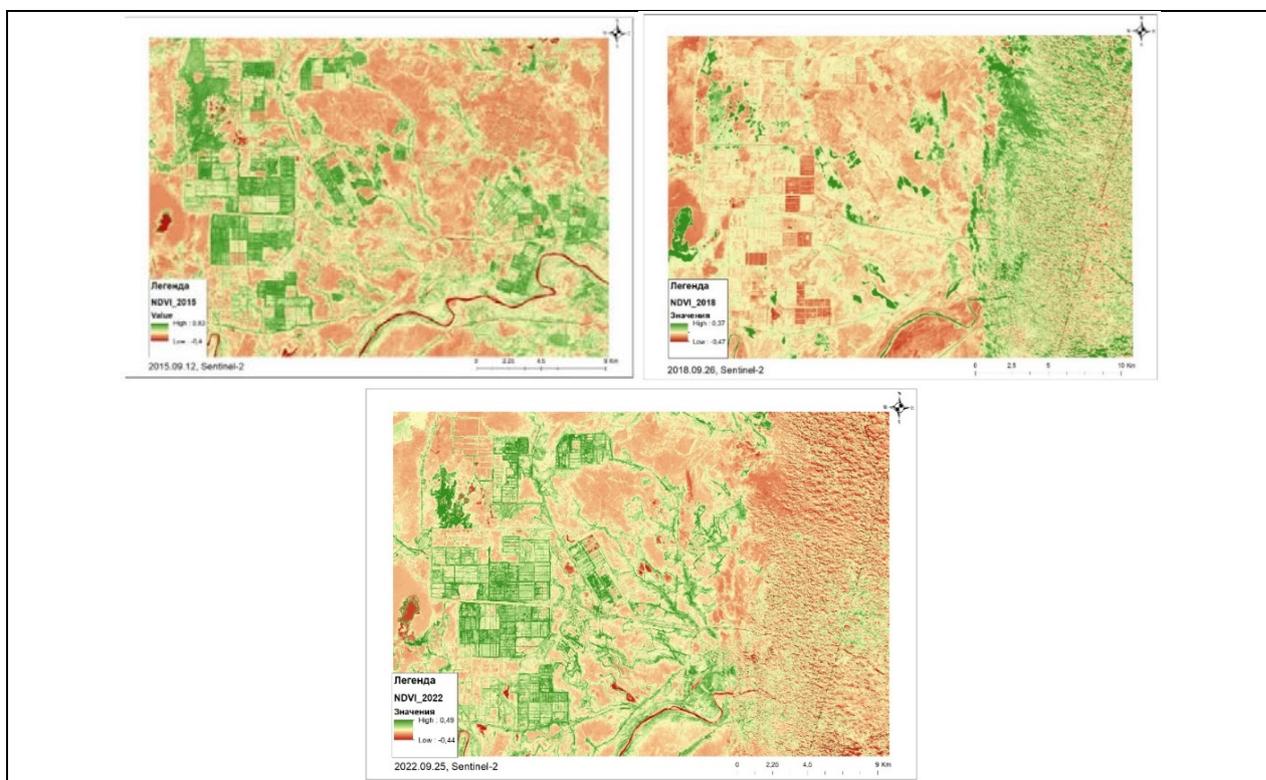


Рисунок А.2 – снимки Sentinel-2 с вычисленным индексом NDVI за 2015, 2018, 2022 года

Приложение Б

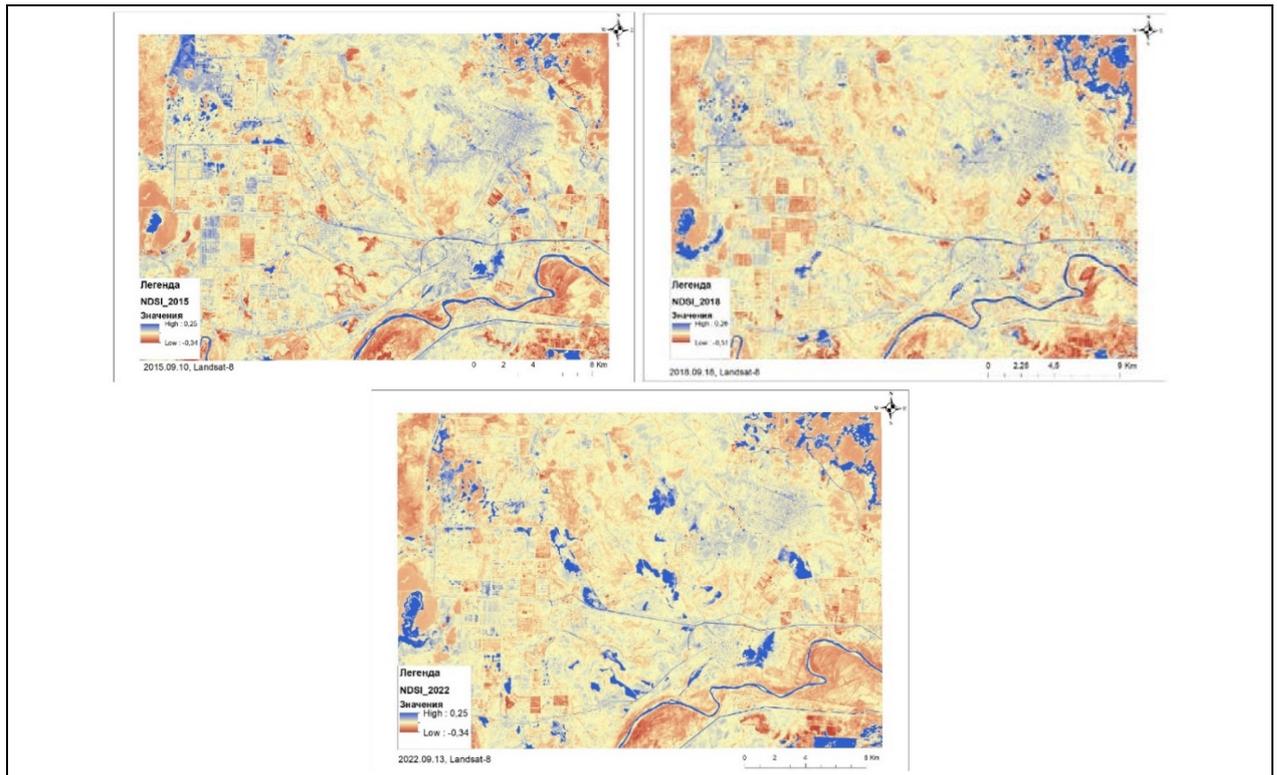


Рисунок Б.1 – снимки Landsat-8 с вычисленным индексом NDSI за 2015, 2018, 2022 года

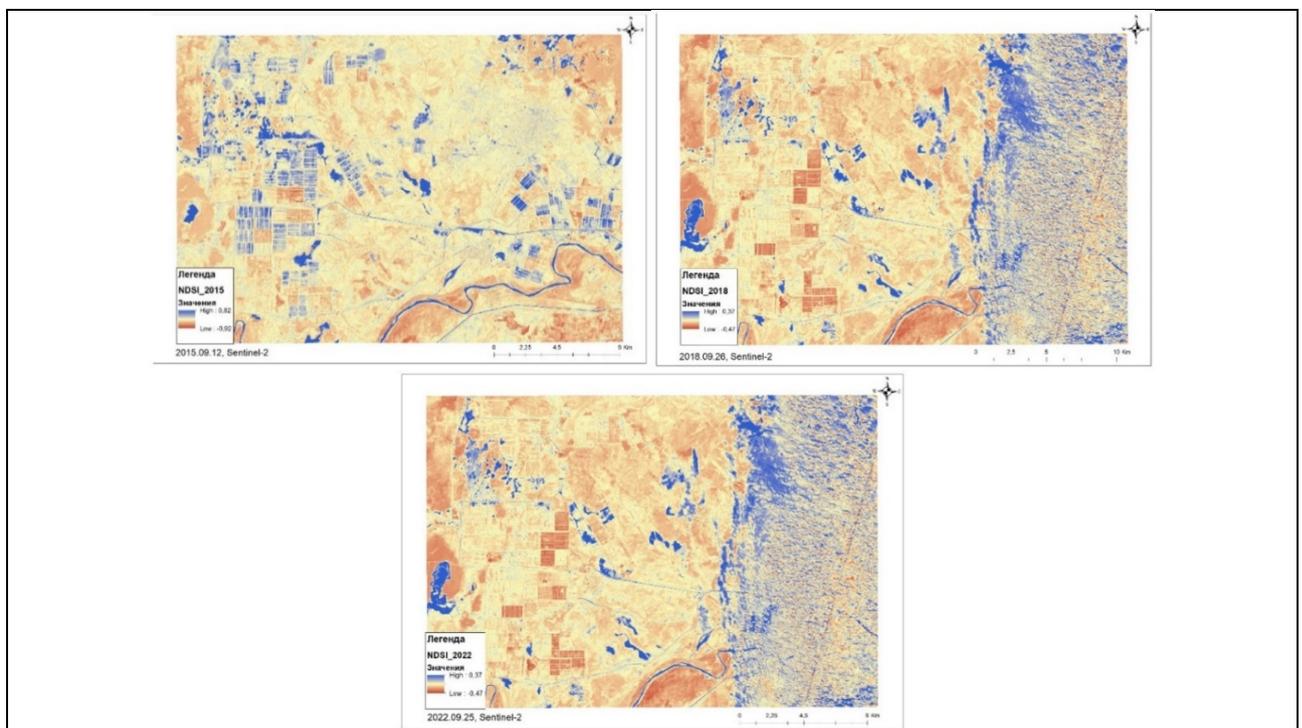


Рисунок Б.2 – снимки Sentinel-2 с вычисленным индексом NDSI за 2015, 2018, 2022 года

Приложение В

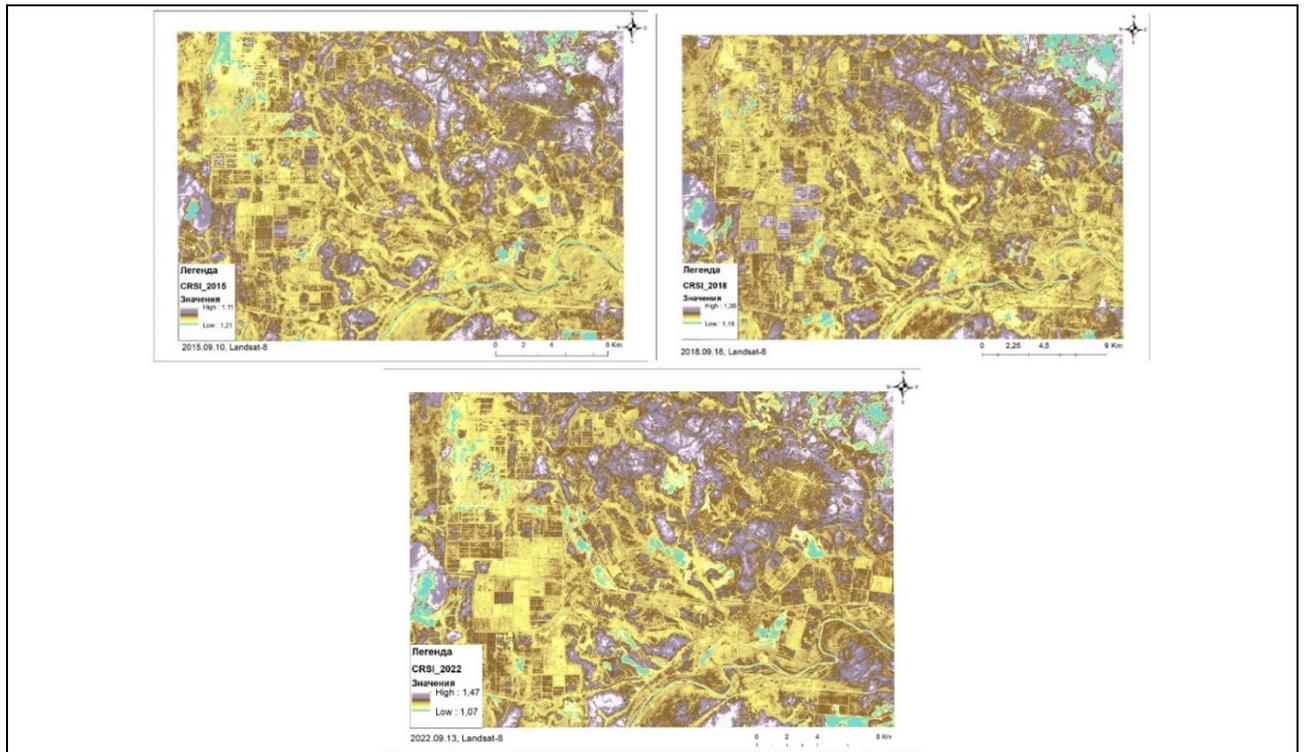


Рисунок В.1 – снимки Landsat-8 с вычисленным индексом CRSI за 2015, 2018, 2022 года

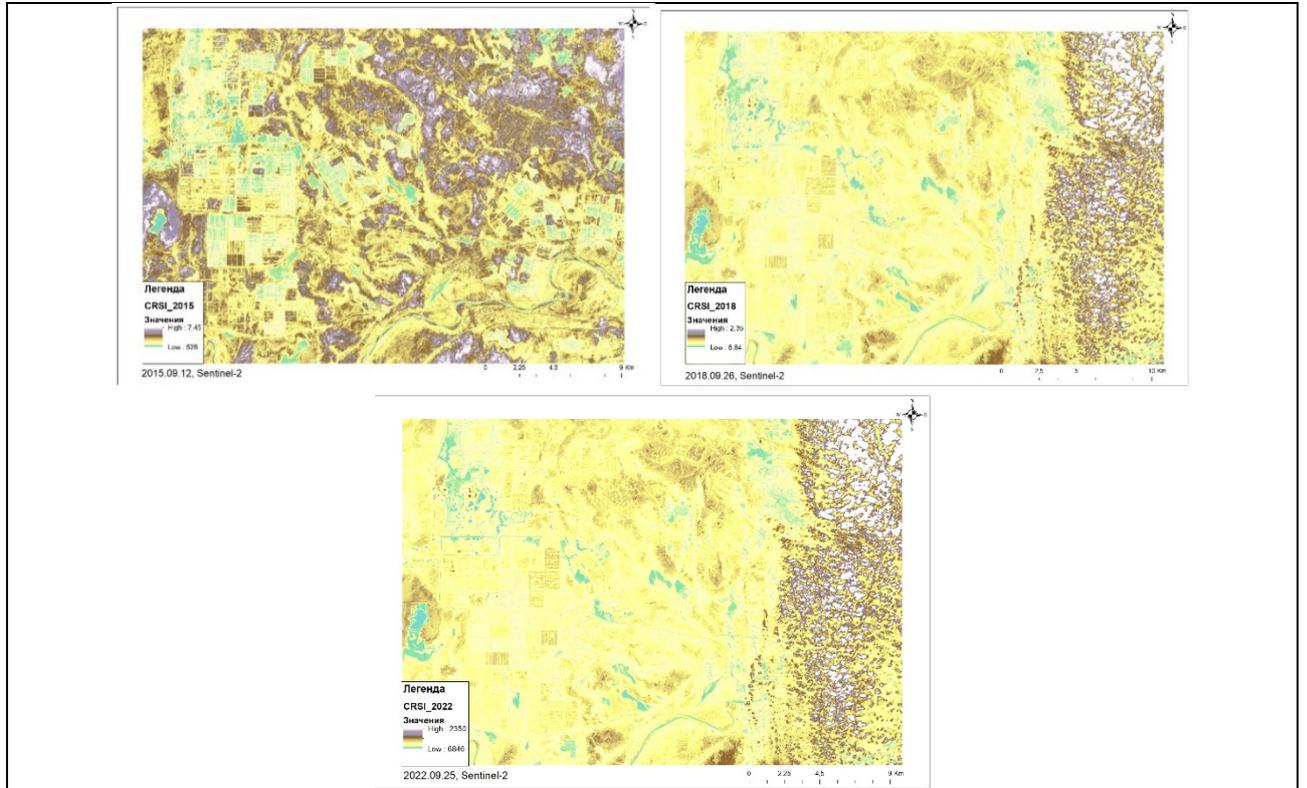


Рисунок В.2 – снимки Sentinel-2 с вычисленным индексом CRSI за 2015, 2018, 2022 года

Приложение Г

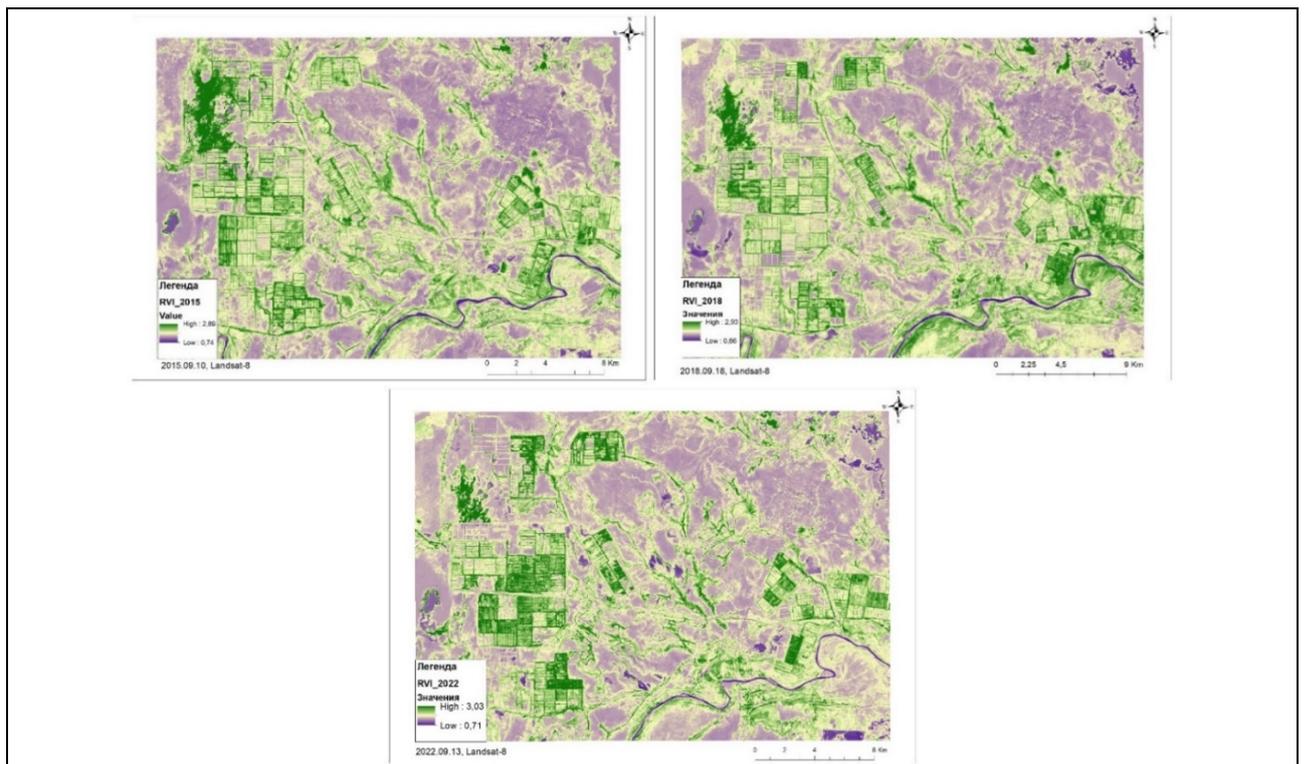


Рисунок Г.1 – снимки Landsat-8 с вычисленным индексом RVI за 2015, 2018, 2022 года

Приложение Д

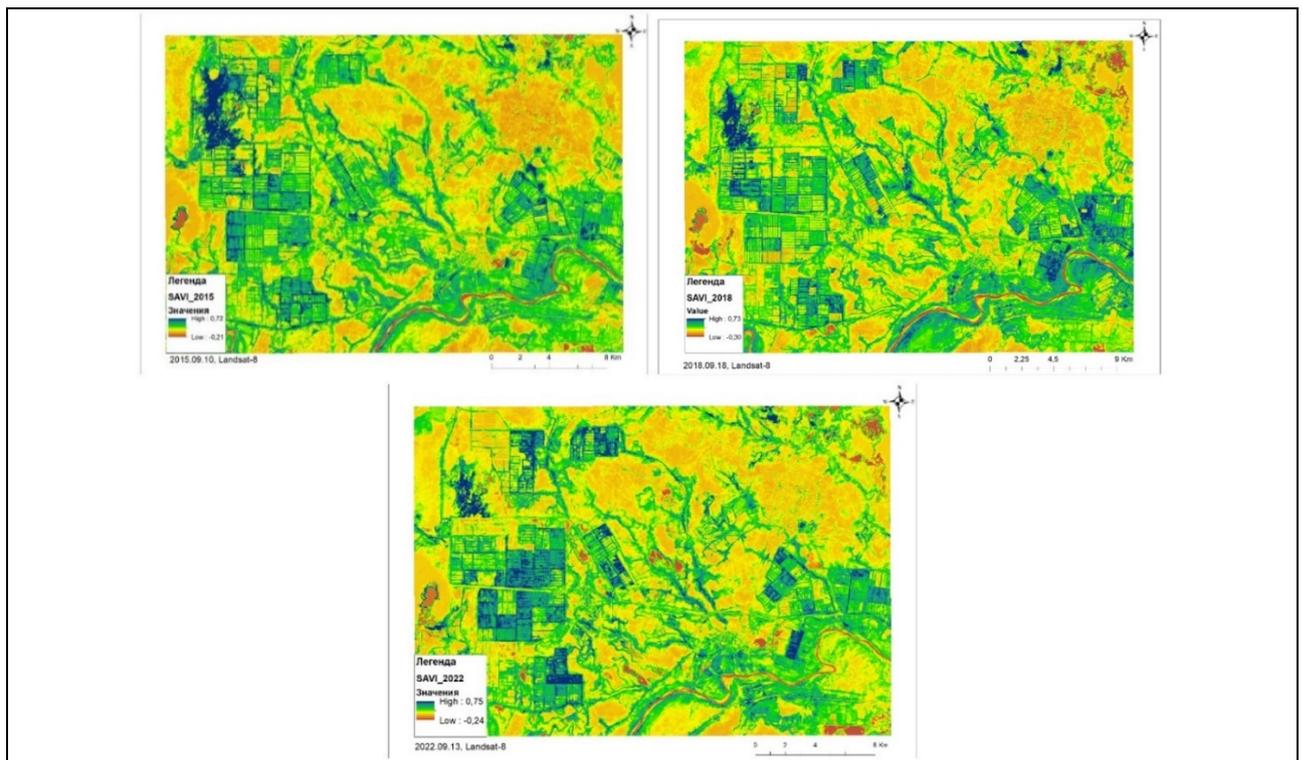


Рисунок Д.1 – снимки Landsat-8 с вычисленным индексом SAVI за 2015, 2018, 2022 года

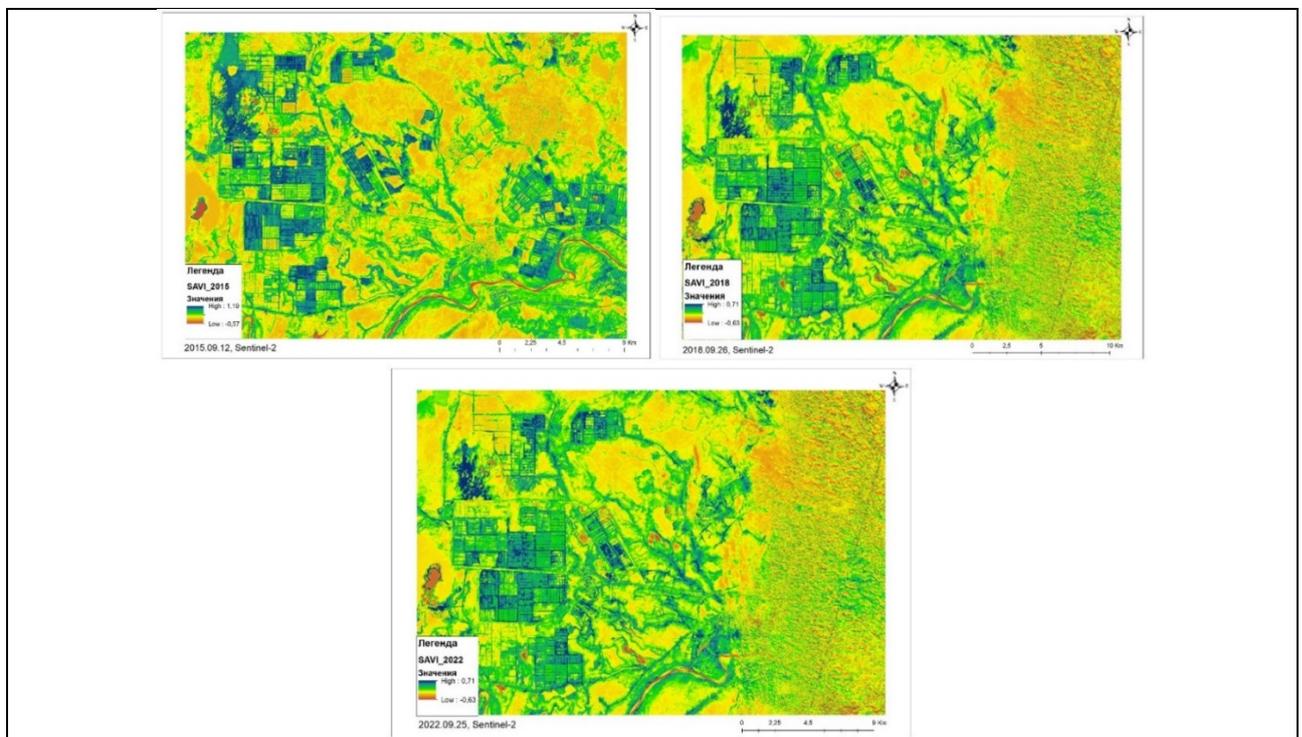


Рисунок Д.2 – снимки Sentinel-2 с вычисленным индексом SAVI за 2015, 2018, 2022 года

Приложение Е

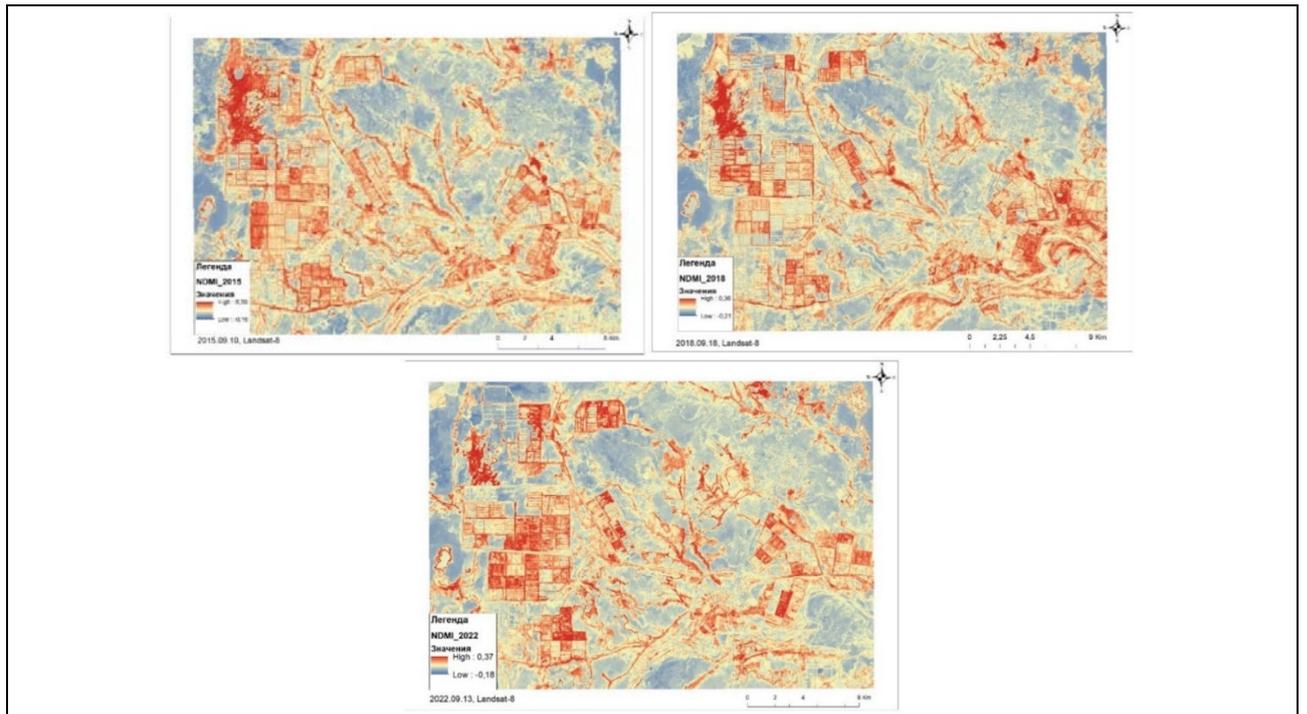


Рисунок Е.1 – снимки Landsat-8 с вычисленным индексом NDMI за 2015, 2018, 2022 года

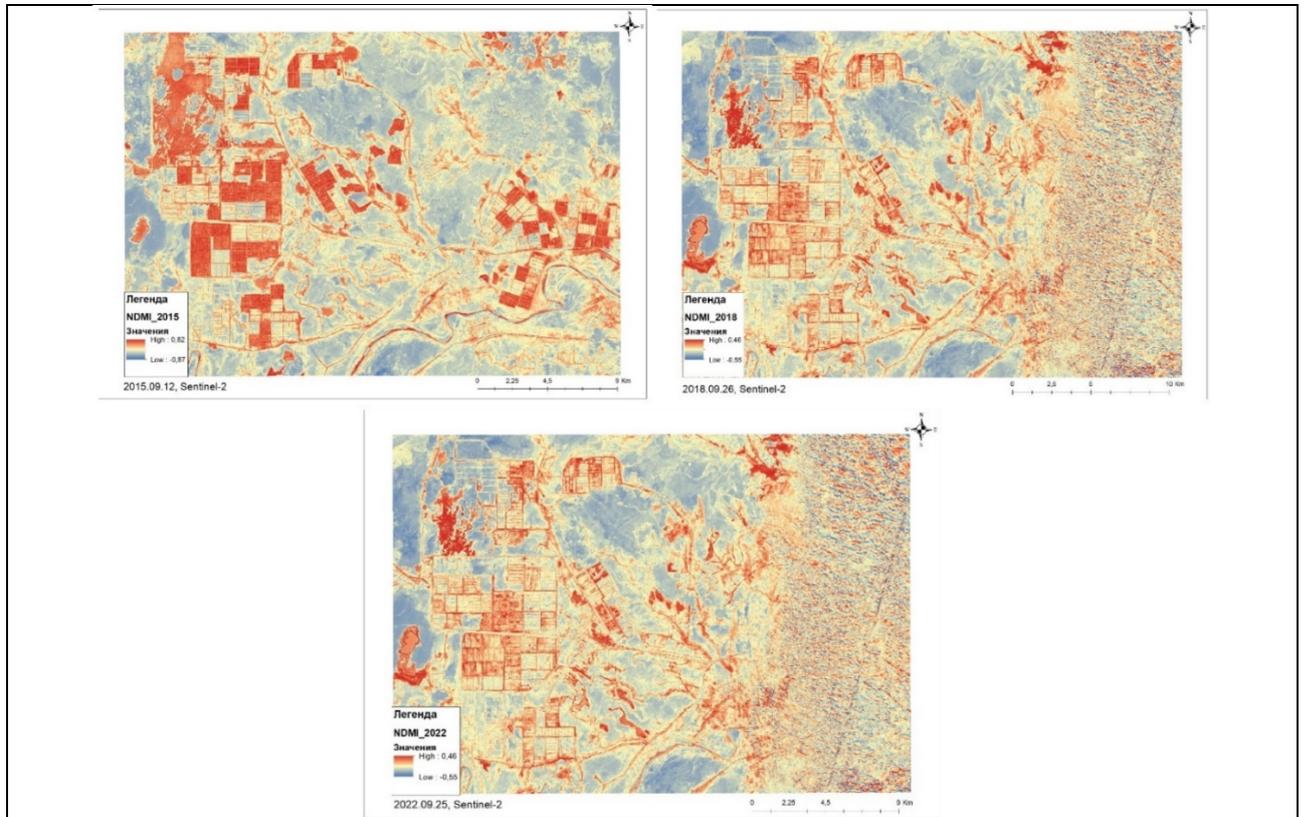


Рисунок Е.2 – снимки Sentinel-2 с вычисленным индексом NDMI за 2015, 2018, 2022 года