

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова
Кафедра маркшейдерского дела и геодезии

Бенедиктова Яна

Мониторинг береговой линии озера Балхаш по данным космической съёмки

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071100 – геодезия и картография

АЛМАТЫ 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова
Кафедра маркшейдерского дела и геодезии

ДОПУШЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой маркшейдерское
дело и геодезия, доктор PhD

____ Э.О.Орынбасарова
« 31 » ____ 05 ____ 2021 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: « Мониторинг береговой линии озера Балхаш по данным космической
съёмки»

по специальности 5B071100 – геодезия и картография

Выполнила

Бенедиктова Яна Сергеевна

Научный руководитель
Кенесбаева А
«20» мая 2021 г.



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова

Кафедра маркшейдерского дела и геодезии

Специальность 5В071100 – геодезия и картографии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой маркшейдерское
дело и геодезия, доктор PhD


Э.О.Орынбасарова
« 31 » _____ 05 _____ 2021г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Бенедиктова Яна Сергеевна

Тема: «Мониторинг береговой линии озера Балхаш по данным космической съёмки»

Утверждена приказом Ректора Университета №2331-б-п от "24" ноября 2020г.

Срок сдачи законченной работы "20" мая 2021г.

Исходные данные к дипломной работе: Космические снимки территории озера Балхаш

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Выбор вида мониторинга береговых линий;
- б) Индекс для обработки космических снимков;
- в) Обработка космических снимков;
- г) Анализ полученных данных после обработки.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 21 слайдов презентации работы.

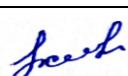
Алматы 2021 г.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Общие сведения об объекте	Февраль 2021г.	Собрать данные об объекте, его характеристики и экологические проблемы, связанные с объектом
Мониторинг водных объектов. Исследование озера Балхаш	Март 2021г.	Изучить виды мониторинга, выбрать подходящий индекс для изучения береговой линии, обработать космические снимки за разные года
Анализ обработки	Апрель 2021г.	Провести анализ обработки и сделать вывод об изменении площади объекта

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Общие сведения об объекте	Кенесбаева А.	19 мая 2021 г.	
Мониторинг водных объектов. Исследование озера Балхаш	Кенесбаева А.	19 мая 2021 г.	
Анализ обработки	Кенесбаева А.	19 мая 2021 г.	
Нормоконтролер	Нукарбекова Ж.М.	31.05.2021	

Научный руководитель



Кенесбаева А.

Задание принял к исполнению обучающийся



Бенедиктова Я.С.

Дата

"20" май 2021г.

АҢДАТПА

Дипломдық жоба 4 тараудан - 30 беттен тұрады.

Дипломдық жобаның бірінші тарауында зерттелетін бақылау объектісі туралы жалпы ақпарат сипатталған. Бірінші тарау объектінің физикалық-географиялық, экологиялық жағдайын сипаттайтын 3 бөлімнен тұрады.

Екінші тарау жағалау сызықтарын бақылау тұжырымдамасына арналған. Тарау мониторинг әдістерін, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін сипаттайтын екі бөлімнен тұрады.

Үшінші тарауда Балқаш көлін зерттеу туралы баяндалады. Үшінші тарау 4 бөлімнен тұрады, олардың әрқайсысы әртүрлі жылдардағы ғарыштық суреттерді өңдеудің барлық кезеңдерін егжей-тегжейлі сипаттайды.

Төртінші тарау ғарыштық суреттерді өндегеннен кейін алынған растрлар мен аудандарды талдауды қамтиды.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект состоит из 4 глав- 30 страниц.

Первая глава дипломной работы описывает общие сведения об исследуемом объекте мониторинга. Первая глава состоит из 3 разделов, включающих в себя физико-географическое описание, характеристики и описание экологической ситуации на объекте.

Вторая глава посвящена понятию о мониторинге береговых линий. Глава состоит из одного раздела, в котором описываются методы мониторинга, их преимущества и недостатки.

Третья глава повествует об исследовании озера Балхаш. Третья глава состоит из 4 разделов, каждый из которых подробно описывает все этапы обработки космических снимков за разные годы.

Четвертая глава включает себя анализ полученных растров и площадей, полученных после обработки космических снимков.

ANNOTATION

The diploma project consists of 4 chapters - 30 pages.

The first chapter of the thesis describes general information about the monitoring object under study. The first chapter consists of 3 sections, including a physical and geographical description, characteristics and description of the environmental situation on the object.

The second chapter is devoted to the concept of monitoring coastlines. The chapter consists of a single section that describes the monitoring methods, their advantages and disadvantages.

The third chapter tells about the exploration of Lake Balkhash. The third chapter consists of 4 sections, each of which describes in detail all the stages of processing satellite images for different years.

The fourth chapter includes an analysis of the resulting rasters and areas obtained after processing satellite images.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Общие сведения об объекте	10
1.1 Физико-географическое описание объекта	10
1.2 Характеристики объекта	11
1.3 Экологическая ситуация, связанная с водоемом	12
2 Мониторинг водных объектов	14
2.1 Теоретическое понятие о мониторинге водных объектов	14
2.2 Методы мониторинга береговых линий водоемов	15
3 Исследование озера Балхаш	21
3.1 Снимки Landsat-7 и Landsat-8. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+	21
3.2 Индексы для водных объектов	23
3.3 Предобработка снимка. Выбор подходящего индекса для обработки	24
3.4 Обработка снимков Landsat-7 за 2010 год и Landsat-8 за 2015,2020 годы	31
4 Анализ обработки	35
Заключение	38
Список литературы	39

ВВЕДЕНИЕ

В дипломной работе описывается процесс исследования береговой линии озера Балхаш по данным космической съемки.

Цель данной работы заключается в изучении мониторинга по космическим снимкам, более подходящего для озера Балхаш, со спутников Landsat-7 и Landsat-8 различными индексами и в проведении анализа изменения площади выбранного объекта.

Дипломная работа включает в себя 4 главы. Описываются следующие ключевые моменты: изучение видов мониторинга, обоснован выбор индекса для более точного определения площади и проведена обработка космических снимков за три разных года.

Первая глава состоит из 3 разделов, которые описывают расположение изучаемого объекта, его физико-географические особенности, характеристики и экологические проблемы озера Балхаш.

Во второй главе представлены понятия о мониторинге и его виды, их преимущества и недостатки. Обоснован выбор вид мониторинга- мониторинг по данным космической съемки.

Третья глава включает в себя этапы обработки. Описывается поэтапные шаги обработки каждого снимка, с учетом особенностей используемой аппаратуры, обработка снимков различными снимками и конечный результат, полученный в виде растров.

Четвертая глава является заключительной. Проводится визуальный и количественный анализ полученных данных после обработки.

1 Общие сведения об объекте

1.1 Физико-географическое описание объекта

Балхаш — бессточное полупресноводное и полусоленное озеро, которое имеет расположение в Балхаш-Алакольской котловине в полупустынной местности в юго-восточной части Республики Казахстан. Данный исследуемый объект является вторым по величине непересыхающим солёным озером и занимает четырнадцатое место из пятидесяти в списке крупнейших озёр земного шара.

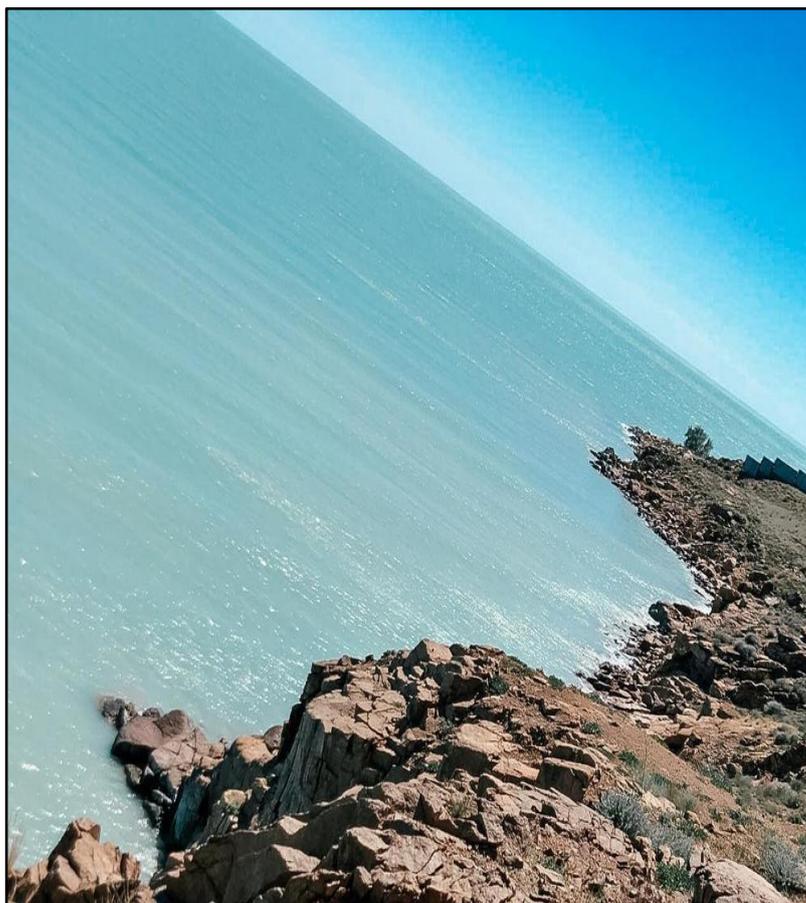


Рисунок 1 - Исследуемый объект- озеро Балхаш

Водный объект принадлежит к Балхаш-Алакольскому водохозяйственному бассейну. Территориально расположен в Алматинской, Жамбылской и Карагандинской областях Республики Казахстан.

Расположение озера приходится на территорию глубокой части Балхаш-Алакольской впадины. Данная впадина была образована путем полного прогиба Туранской плиты около 20 миллионов лет назад. Бассейн является частью системы разломов Джунгарского Алатау.

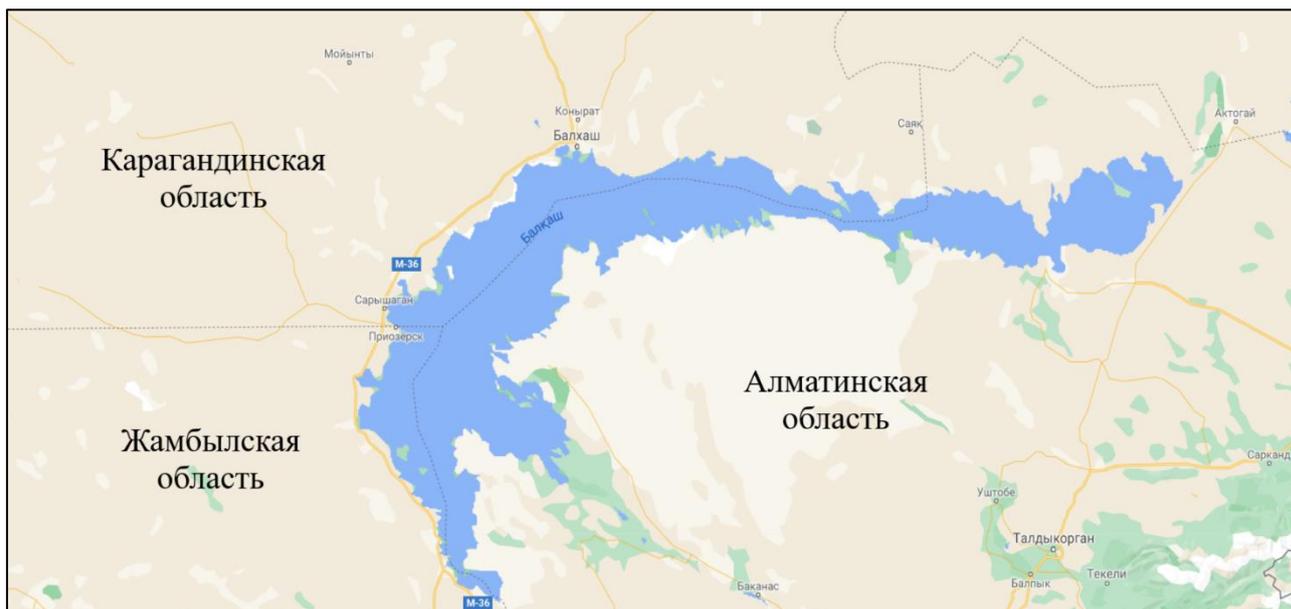


Рисунок 2 - Расположение озера Балхаш

1.2 Характеристики объекта

Исследуемый объект мониторинга расположен на отметке 345 метров над уровнем моря. Форма напоминает продолговатый полумесяц. Протяженность озера с запада на восток составляет около 700 километров, а ширина может варьироваться с 7 километров до 17 километров, а в восточной части может увеличиваться и до 74 километров. Длина береговой линии объекта примерно составляет 2385 километров.

Полуостров Сарыесик, который имеет местонахождение приблизительно в центре озера, гидрографически и визуально разделяет Балхаш на две основные части (Рис 1.2). В западной части озеро мелководное и практически пресное, а восточная более глубоководная и в своем составе имеет солёную воду. Вода из западной части озера перетекает через пролив Узынарал, тем самым пополняя восточную часть. Глубина пролива достигает в среднем 6 метров.

Две впадины, имеющие глубину от 7 до 11 метров, расположены в западной части озера. Глубина восточных впадин значительно глубже, в среднем достигают 16 метров. Глубина всего объекта в среднем составляет 5,8 метров, а общий объем воды равен примерно 112 километрам³.

Берега северной и западной части возвышены (около 20-30 метров), крутые и скалистые. В составе почвы имеются такие палеозойские породы, как: порфиры, туфы, граниты, сланцы и известняки. Берега южной части, которые расположены от дельты реки Или и до залива Карашаган, занижены. В зависимости от погодных условий местности затапливаются водой. Также повсеместно встречаются прибрежные холмы, высота которых достигает 10 метров. Береговая линия зигзагообразна за счет большого количества бухт и заливов.



Рисунок 3 - Расположение полуострова Сарыесик

На момент последних исследований на территории озера насчитывается 45 острова, общая площадь которых составляет 56 километров². Но понижение уровня ежегодно вызывает появление новых островов, а площадь уже образованных возрастает.

1.3 Экологическая ситуация, связанная с водоемом

Местный сток крупных рек, проходящих по территории Алматинской области, и притока крупной трансграничной реки Или со стороны Китая формируют бассейн озера Балхаш. Потери Балхаша ежегодно растут по причине нерационального использования водных ресурсов, что приводит к экологическим проблемам

На нужды экономики и сельского хозяйства используется основная часть водных ресурсов. В регионах Казахстана и Китая плохо развиты технологии и способы водопользования.

Река Или, большая часть которой расположена на территории Китайской Народной Республики, обеспечивает водными ресурсами население. В основном ресурсы используются для хозяйственных нужд и для орошения полей. На данный момент между двумя странами заключены соглашения, касательно использования реки Или.

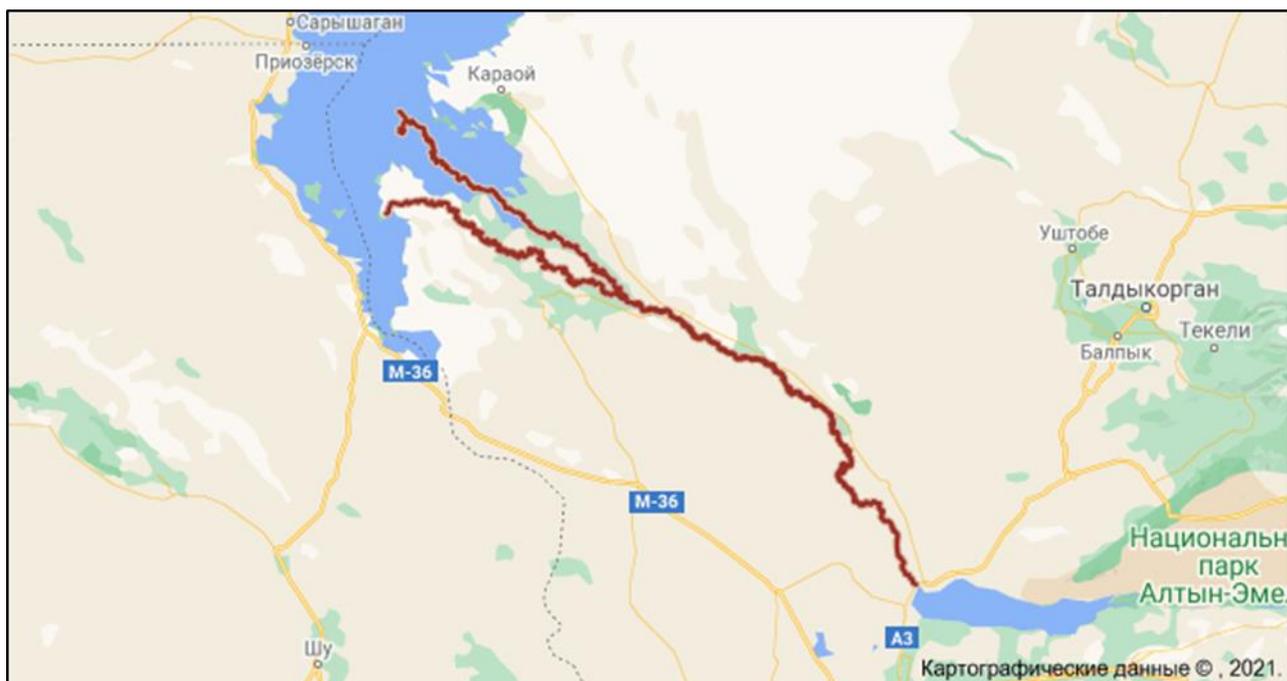


Рисунок 4 - Расположение реки Или

Но несмотря на все соглашения, Китай не соблюдает приписанные нормы рационального режима по водопользованию. В свою очередь это приводит к резкому снижению уровня воды и объема в реки Или. Как следствие, к постепенному обмелению озера Балхаш.

Именно по этой причине нужно проводить своевременный мониторинг выбранного объекта и анализ полученных данных.

2 Мониторинг водных объектов

2.1 Теоретическое понятие о мониторинге водных объектов

Разработка различных комплексных исследований водных объектов суши природного и искусственного происхождения и провоцирующих значительные природные и социально-экономические преобразования является одной из актуальных задач природопользования и водопользования. В основу изучения должно быть положено исследование различных взаимосвязей действий как внутри самих объектов, так и их связей с окружающей средой. Регулирование речного стока вызывает резкие колебания объемов и уровней воды самих рек, что в последствии влияет на озера и водоемы. Далее все изменения проявляются в большей степени в береговой зоне водоёмов в виде затоплений, осушений и подтоплений прилегающей территории.

В последние десятилетия в области наблюдения и комплексного изучения динамики изменения водных объектов и особенностей формирования их береговой зоны достигнуты определенные успехи, но многие проблемы остаются нерешенными из-за отсутствия или недостатка данных натурных наблюдений. В такой ситуации возникает потребность в организации специальной информационной системы наблюдения и анализа состояния природной среды – комплексного мониторинга водохранилищ и прилегающей территории.

2.2 Методы мониторинга береговых линий водоемов

В настоящее время существуют следующие методы мониторинга:

Таблица 1. Методы мониторинга

Группа методов	Используемый метод
Картографические методы	сравнительный анализ данных топографической съёмки разных лет
Геодезические методы	геодезические инструментальные измерения
	спутниковые геодезические измерения
	наземная сканерная съёмка
Фотограмметрические методы	данные аэрофотосъёмки
	данные космической съёмки

Изучение сути обозначенных выше методов проведения мониторинга указывает на наличие разной степени пригодности к реализации наблюдения динамики береговой линии, преимущества и недостатки каждого метода в отдельности. Опираясь на характеристики и особенности исследуемого объекта необходимо подобрать наиболее подходящий метод мониторинга.

а) Картографические методы

Картографический метод пригоден для исследования динамики мониторинга в основном в длительном промежутке времени, в связи с тем, что период обновления картографических материалов обновляется и исчисляется годами.

Порядок срока обновления картографических материалов – годы – определяется тем, что карта по сущности является продуктом обработки комплекса астрономо-геодезических данных, данных дистанционного зондирования объекта, натуральных наблюдений и текстовых источников.



Рисунок 5 - Карта озера Балхаш за 1903 год

б) Геодезические методы

1) Геодезические инструментальные измерения

Геодезический метод лишен почти всех недочетов и недостатков из всех рассматриваемых способов. Главное преимущество данного метода – наибольшая точность определения.

Для постоянного наблюдения территории выбранного объекта целенаправленно применять геодезические сети и сети сгущения как базу циклических измерений.

Однако пространственный охват данного метода ограничен. Например, согласно имеющемуся опыту проведения геодезических исследовательских работ, при наличии сети «твердых» точек за 1 рабочий день бригада из 4-х геодезистов может снять инструментальным способом площадь, примерно равную 5 гектаров. Для съемки озера Балхаш, площадь которого примерно равна 1 699 600 га (данные на 2010 год) около 400000 рабочих дней. Таким образом, данный метод не подходит для проведения мониторинга озера Балхаш.

2) Спутниковые геодезические измерения

В спутниковые геодезические измерения относят следующие технологии:

- спутниковые технологии,
- технологии DGPS.

Спутниковые технологии играют ведущую роль поддержки других технологий. Они основаны на использовании глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) для получения координат и высот точек местности, а также точек воздушной съемки. Положение точки при использовании спутниковых технологий определяется методом измерения времени прохождения сигнала, который поступает со спутников. Положение антенны GPS-приемника (Рис 2.1) определяется методом триангуляции.



Рисунок 6 - GPS-приемник Leica GS07

Спутник обеспечивает приемник точным временем. Приемник определяет пространственное положение – позицию. Локализации могут быть записаны GPS в поле, далее передаются на ПК в офисе. Можно их просматривать или при помощи программного обеспечения, который был предоставлен изготовителем, или в ГИС до обработки. Стандарт GPS имеет точность, которая может колебаться от 1 до 10 метров в координатном положении на основании местонахождения объекта и оборудования, используемого для проведения исследовательских. Значение высотного положения не употребляется из-за его большой погрешности и неточности. Рассматривая данный метод, стоит отметить, что он не подходит для изучения изучаемого объекта, так как на выполнения метода будет затрачено много времени.

Технологии DGPS (differential global positioning system), также DGNSS представляют собой преобразованную спутниковую систему технологий увеличения точности сигналов за счет использования базовых станций. Разработка учитывает измерение различия меж известными псевдодальностями до спутников и реальными кодовыми псевдодальностями. В технологии DGPS используют наземные базовые станции и системы дифференциальной корректировки либо дифференциальные станции.

Базисные станции устанавливаются вдоль линейного объекта наблюдения с точно определенными координатами. Стандартный GPS-приемник станции воспринимает сигналы от видимых спутников, которых должно быть не менее 4. За счет определенных собственных координат базовая станция может определить все возможные временные ошибки. Дифференциальная станция передает корректировки всех спутников в информационное навигационное поле приемника. Технологии DGPS применяют для оценки природных ресурсов и экологических ситуаций, в навигации транспорта, определения границ и прибрежной зоны морских и океанических побережий. (Рис.2.2) DGPS является существенным способом улучшения точности ГНСС. Но это трудозатратный и трудоемкий метод при наблюдении огромных территорий.

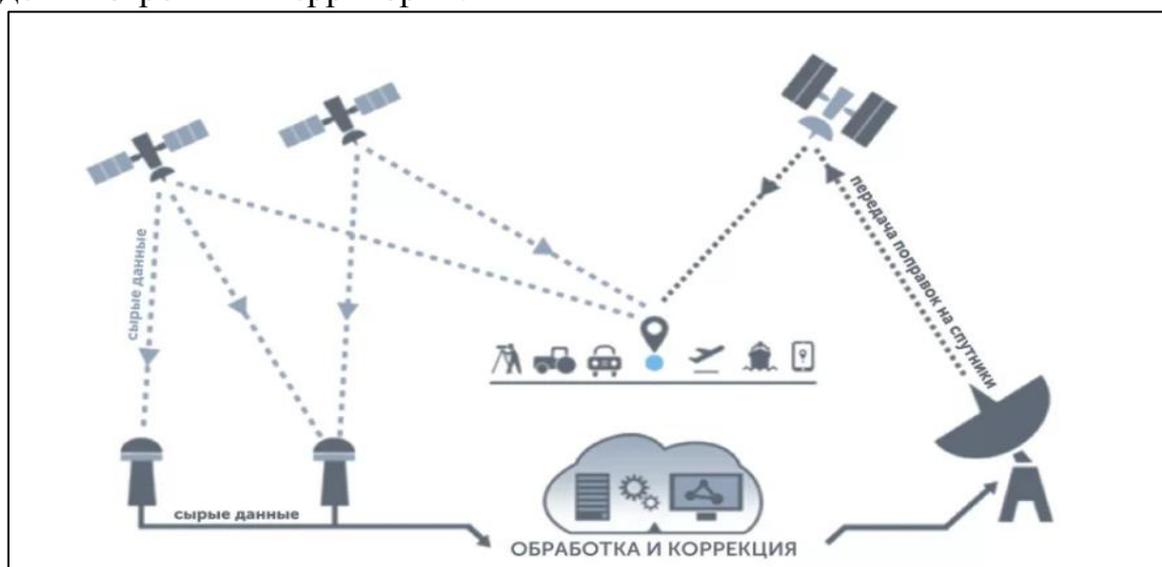


Рисунок 7 - Системы дифференциальной коррекции

3) Наземное лазерное сканирование

Применение современного геодезического оборудования, в том числе, наземных лазерных сканеров и мобильных лазерных сканеров, позволяет определять плановое и высотное положения с минимальными допустимыми погрешностями. Так, при применении наземного лазерного сканера предельная погрешность измерений составляет не более 10 миллиметров, мобильного лазерного сканера – не более 25- 30 миллиметров. При реализации данного способа довольно бригады из 2-ух человек. В технологии применяются наземный лидар и сканер 3D. Наземный сканер (Рис 2.3) представляет из себя лазерное устройство для топографических измерений с высокими разрешением и точностью, с минимальной погрешностью.



Рисунок 8 - Наземный лазерный сканер Leica ScanStation P50

Устройство испускает световой лазерный сигнал, который при достижении рельефа объекта отражается от объекта сканирования и возвращается обратно к сканеру. По времени возврата сигнала определяют расстояние между точками объекта и сканером. Сканер покрывает все предполагаемое пространство методом измерения положения около 10000 точек за 1 секунду, с диапазоном приблизительно 250 метров. Лазерный сканер обеспечивает наиболее высшую плотность измеряемых точек. Устройство позволяет определять положение нескольких тысяч точек за секунду. Одним из ключевых недостатков данного метода является ограниченный охват места и неспособность фиксировать нестационарные объекты.

с) Фотограмметрические методы

1) Данные аэрофотосъемки

Аэрофотосъемка- это процесс, при котором выбранная территория фотографируется с определенной высоты, вычисленной по расчетам с учетом технического задания и параметров. Чаще всего аэрофотосъемка производится с помощью специального аэрофотоаппарата, который установлен на борту летательного аппарата. Такой вид съемки используют для получения различных данных на выбранных участках съемки.

Аэрофотоснимки, полученные при аэрофотосъемке, применимы в различных сферах. В большинстве случаев, в картографии и фотограмметрии используются для определения территориальных границ, землеустройства, для изучения труднопроходимых участков дистанционно и исследования особенностей окружающей среды.

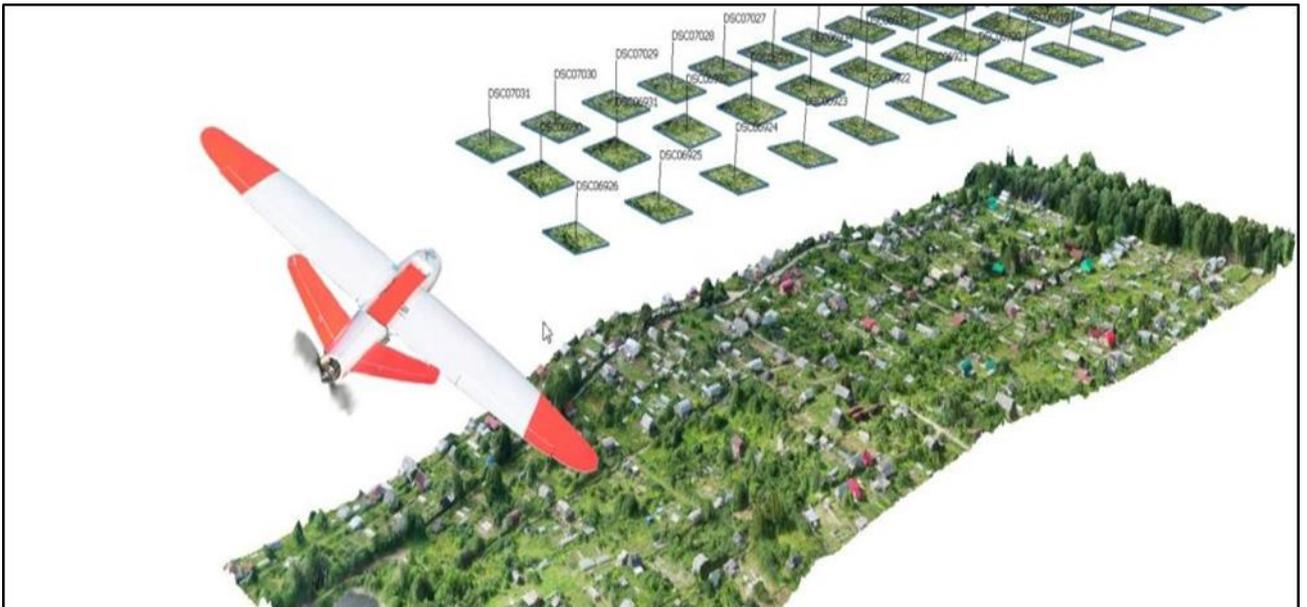


Рисунок 9 - Многомаршрутная(площадная) съемка

Самым эффективным способом из имеющихся способов съемки является многомаршрутная аэрофотосъемка. При данном способе выбранный участок поверхности фотографируется сплошной серией аэросъемочных маршрутов, которые параллельны и прямолинейны. Чаще всего маршруты прокладываются с запада на восток.

После проведения аэрофотосъемки предоставляются аэрофотосъемки, которые после обрабатываются и сшиваются в мозаику. После всех преобразований проводятся исследования и обработка, согласно требованиям.

2) Данные космической съемки

Космическая съемка представляет собой процесс, при котором фотографирование выбранной территории производится с космического летательного аппарата в целях получения космических снимков по параметрам и определённым характеристикам.

Изображениями местности – космическими снимками являются двумерные изображения объектов. Данные снимки получены с учетом определенных геометрических и радиометрических законов. Они предназначены для проведения анализа видимых и скрытых объектов, явлений и процессов окружающей среды, а также для установления их пространственного положения.

Различия между космическим снимком и аэрофотоснимком по своим геометрическим свойствам не существенны, но имеют разные параметры, связанные с:

- процессом получения снимков с больших высот,
- наибольшей скоростью перемещения спутников.

Так как спутник и самолет движутся с различной скоростью, то для получения космических снимков требуется камеры с короткими выдержками при съемке.

После получения снимков также проводится обработка и анализ полученных данных.

Для изучения береговой линии озера Балхаш данный метод подходит больше всего, так как космические снимки могут охватить большую территорию, чем остальные методы мониторинга береговых линий.

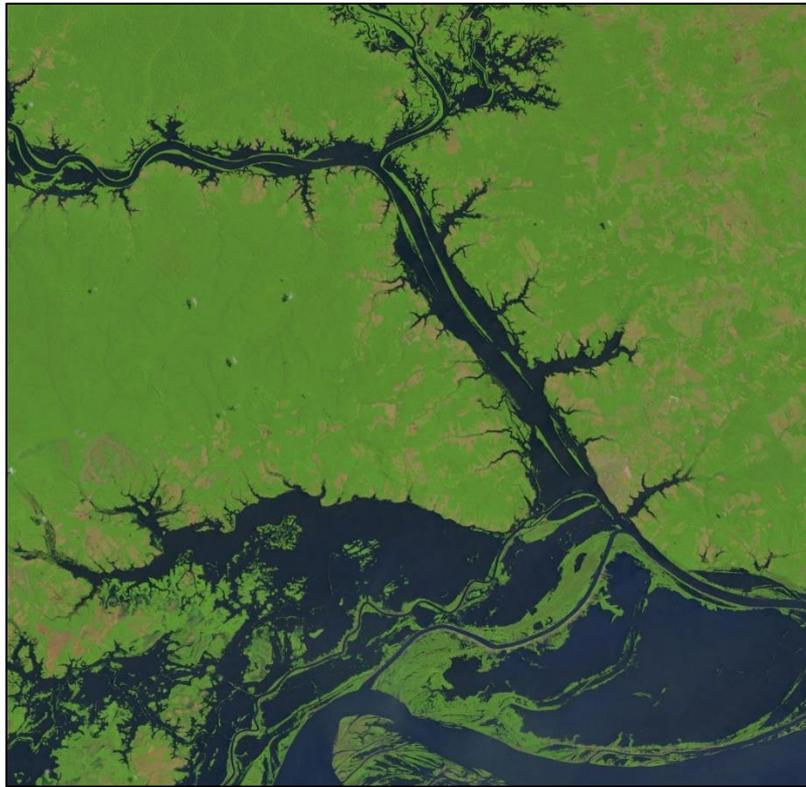


Рисунок 10 - Пример космического снимка: Амазонская низменность (КА Landsat-8)

3 Исследование озера Балхаш

3.1 Снимки Landsat-7 и Landsat-8. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+

Для проведения исследования береговой линии были выбраны снимки двух летальных аппаратов Landsat-7 и Landsat-8 2010,2015 и 2020 года.

Снимки, полученные с Landsat-7 и Landsat-8, имеют следующие значения длин волн областей спектра:

Таблица 2. Обозначения и значения длин волн областей спектра для Landsat-7 и Landsat-8

Спутник и датчик	Номер канала (band)	Название спектра	Длины волн (нм)
Landsat 7 ETM+	2	GREEN-зеленый	519-601
	3	Red - Красный	630–690
	4	NIR — Ближний инфракрасный	770–900
	5	SWIR- Коротко-волновый инфра-красный	1547-1749
Lansat 8 Oli	3	GREEN-зеленый	533-590
	4	Red - Красный	630—680
	5	NIR — Ближний инфракрасный	845—885
	6	SWIR- Коротко-волновый инфра-красный	1566-1651

Интерпретация комбинаций-это один из простейших способов оценки требуемых параметров (в данном случае-положение береговой линии) на основе визуального восприятия получаемого изображения.

Комбинации 7,5,4 для Landsat-7 и 7,6,5 для Landsat-8

Данная комбинация не имеет в своем составе каналы из видимого диапазона спектра. Это позволяет обеспечить подходящий визуальный анализ береговой линий, которые при обработке становятся четко различимыми.

Комбинации 3,2,1 для Landsat-7 и 4,3,2 для Landsat-8

Данную комбинацию также называют комбинацией «естественные цвета». Такое название комбинация получила за использование каналов видимо диапа-

зона спектра снимков. Поэтому объекты земной поверхности при обработке выглядят так, как они воспринимаются человеком невооруженным глазом. Эта комбинация позволяет провести анализ состояния изучаемых водных объектов и оценку глубины выбранного объекта.

3.2 Индексы для водных объектов

1) Индекс NDVI

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности - обычный количественный показатель числа фотосинтетически интенсивной биомассы и растительности (обычно называемый вегетационным индексом).

Данный индекс является одним из самых распространенных и удобных для использования индексов. Применяется для решения задач, где используется количественное оценивание растительности выбранной поверхности. Но также его повсеместно используют для идентификации водных объектов. (Таблица 3)

Таблица 3. Значение индекса NDVI для водных объектов

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Вода	0,02	0,01	-0,25

Вычисляется по следующей формуле:

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

где NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра;

RED - отражение в красной области спектра.

Расчет индекса NDVI производится на Растровом калькуляторе по формуле (1). Данные для вычислений загружаются из внешних источников или вводятся вручную. Автоматический анализатор изображений позволяет визуализировать снимки и создать растр.

2) Индекс WRI

Индекс «Water Ratio Index» (WRI)-индекс, который количественно дает оценку содержания воды в растительности. Индекс WRI рассчитывается по формуле:

$$WRI = \frac{(GREEN - RED)}{(NIR - SWIR)} \quad (2)$$

где NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра;

RED - отражение в красной области спектра;

GREEN - отражение в зеленой области спектра;

SWIR - отражение в коротковолновой инфракрасной области спектра.

На выходе после обработки будет получен растр с данными водных ресурсов. Значения пикселей воды могут колебаться от значения 1 и выше. То есть будут представлены растры с водными объектами или объектами, содержащие какое-либо количество влаги. Данный индекс позволяет обнаружить водные объекты в пределах изучаемого квадрата местности и поместить их в отдельный растр.

3) Индекс MNDWI

MNDWI — Modification Normalized Difference Water Index (модифицированный нормализованный разностный водный индекс). Алгоритм может увеличить открытые водные сооружения, эффективно подавляя и даже удаляя шумовые эффекты с исследуемой поверхности, а также шумы с почвы и растительности. Улучшение значений воды по полученному изображению приведет к более точному извлечению водных данных из застроенной земли, почвы и растительности, все отрицательные значения не будут учитываться, и поэтому удалены. Данный индекс рассчитывается следующим образом:

$$MNDWI = \frac{(GREEN - SWIR)}{(GREEN + SWIR)} \quad (3)$$

где GREEN - отражение в зеленой области спектра;

SWIR - отражение в коротковолновой инфракрасной области спектра.

Далее произведена обработка одного снимка 2010 года по 3 индексам для выбора подходящего индекса.

3.3 Предобработка снимка. Выбор подходящего индекса для обработки

С 31 мая 2007 года спутник Landsat-7 выполняет фотографирование земной поверхности со сбоями в работе. Сбой был спровоцирован отказом Корректора Линии Сканирования (SLC). Неисправность на спутнике не смогли исправить. Но, тем не менее, Landsat 7 ETM + продолжает работу в режиме “SLC - off”. Для решения и исправления данного сбоя и обеспечения исправленными материалами произведенной обновленной съемки был разработан новый специальный продукт "SLC-off". Этот продукт был получен путем создания замены всех отсутствующих пикселей изображения от ранее полученных изображений спутника Landsat-7 на примерные величины. Данные величины были выведены зарегистрированными, совместимыми с гистограммой кадрами SLC - on.

Этап 1. Исправление неисправности снимков

- 1) В слой QGIS был подгружен неисправный снимок со спутника Landsat-7 по каналам 2,5 и SLC-продукты к данным каналам.

2) Далее в диалоговом окне программы был выполнен переход по функциям «Анализ – Заполнить пустоты».

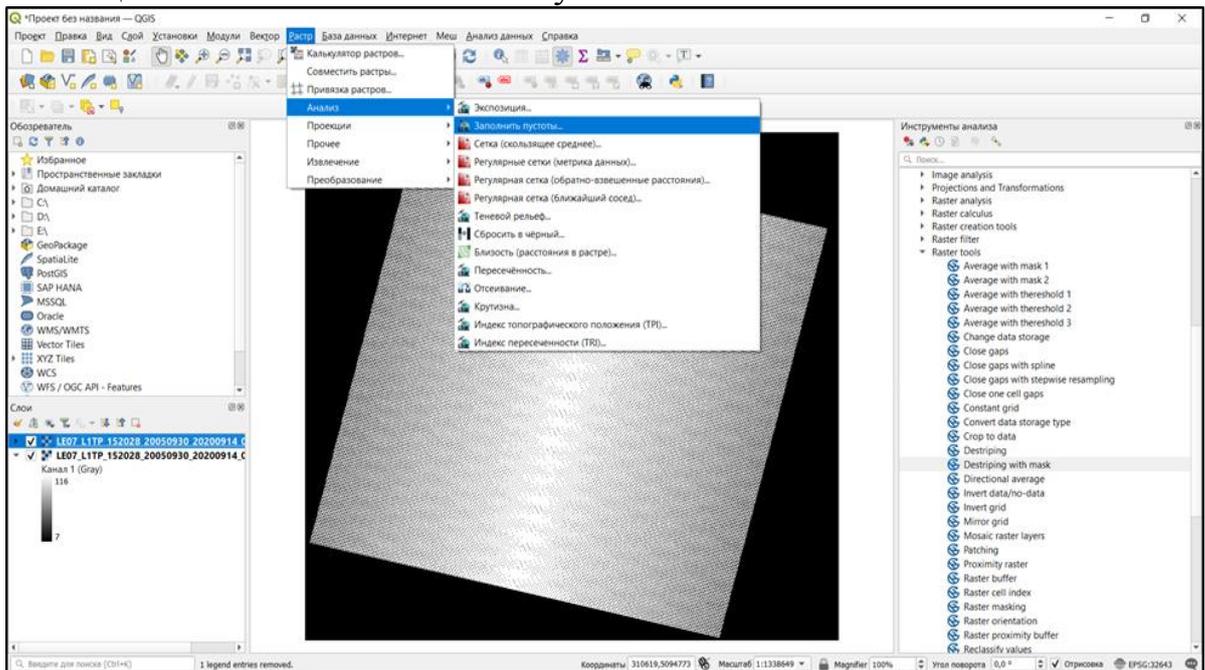


Рисунок 11 - Переход по функциям «Анализ – Заполнить пустоты»

3) В всплывшем окне выбраны снимок и его так называемая «маска», затем выполняется обработка снимка:

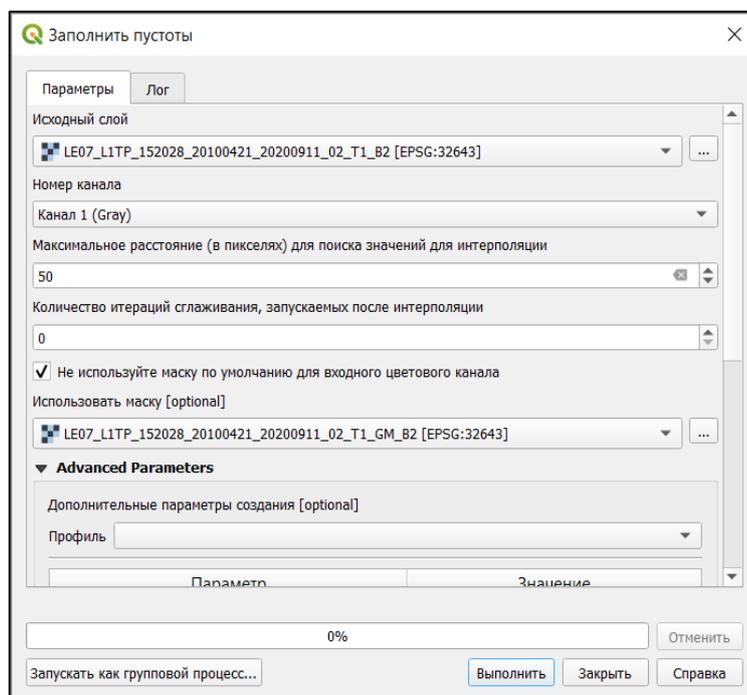


Рисунок 12 - Окно «Заполнить пустоты»

4) Результат, полученный после обработки:



Рисунок 13 - Исправленный снимок

Этап 2. Обработка снимка по индексам.

1. Обработка по индексу NDVI:

1) Был выбран один снимок из пяти и его банды красного и ближнего инфракрасного спектра.

2) Далее подходящие слои были подгружены в слои ПО QGIS.

3) С помощью калькулятора растров был рассчитан индекс NDVI по формуле (1).

4) Настроено отображение нужных значений.

5) Результат:

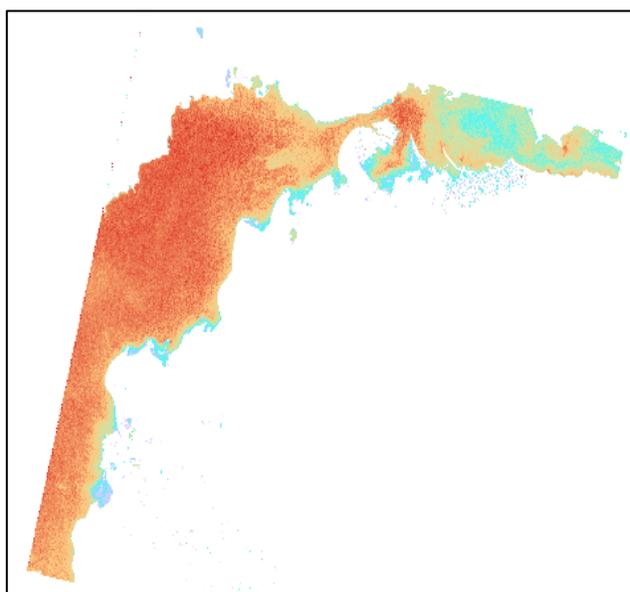


Рисунок 14 - Отображение нужных значений по NDVI

б) Далее полученный растр был наложен на снимок в комбинации 7-5-4:

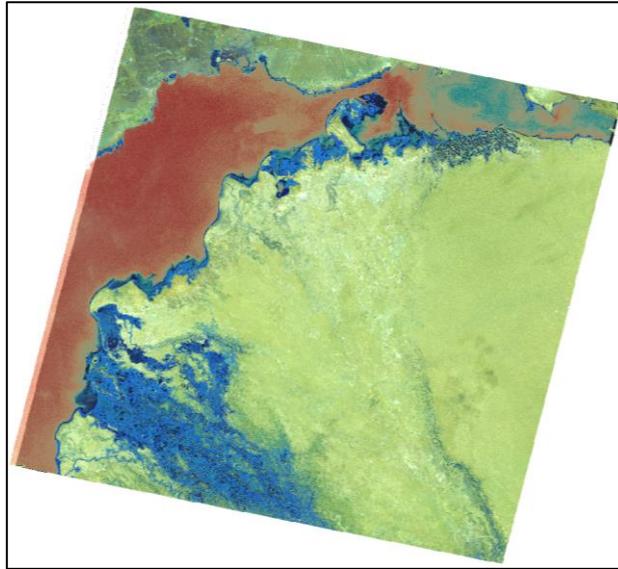


Рисунок 15 - Наложение полученного растра на комбинацию 7-5-4

2. Обработка по индексу WRI:

- 1) Был выбран тот же снимок и его банды красного, ближнего инфракрасного, зеленого и коротковолнового инфракрасного спектра.
- 2) Далее подходящие данные были подгружены в слой ПО QGIS.
- 3) С помощью калькулятора растров был рассчитан индекс WRI по формуле (2).
- 4) Настроено отображение нужных значений.
- 5) Результат:

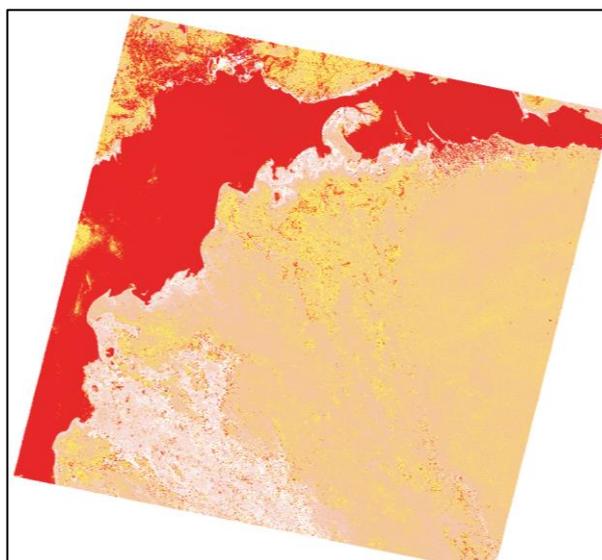


Рисунок 16 - Отображение нужных значений по WRI

б) Далее полученный растр был наложен на снимок в комбинации 7-5-4:

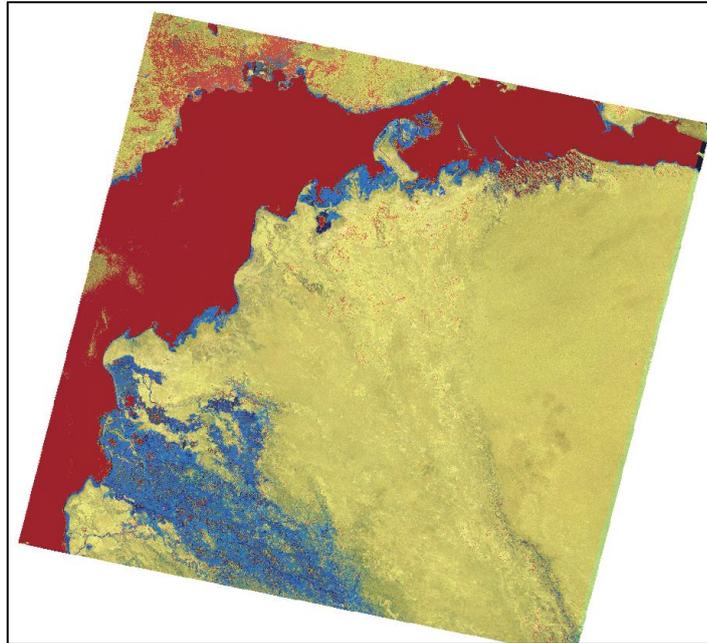


Рисунок 17 - Наложение полученного растра на комбинацию 7-5-4

3. Обработка по индексу MNDWI:

1) Был подгружен тот же снимок и его банды зеленого и коротковолнового инфракрасного спектра.

2) С помощью калькулятора растров был рассчитан индекс MNDWI по формуле (3).

3) Настроено отображение нужных значений.

4) Результат:

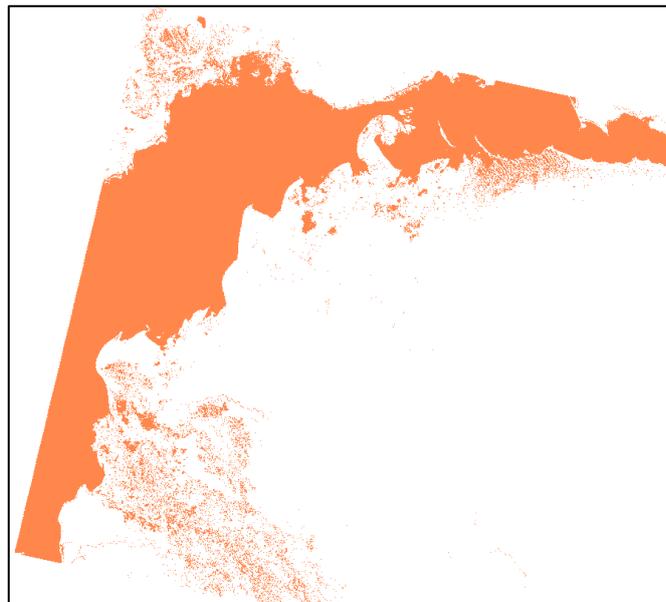


Рисунок 18 - Отображение нужных значений по MNDWI

5) Далее полученный растр был наложен на снимок в комбинации 7-5-4:

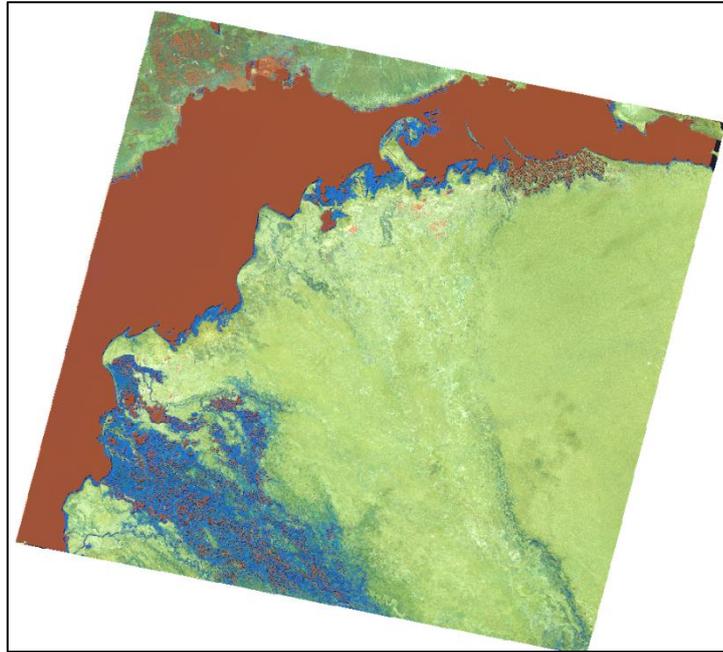


Рисунок 19 - Наложение полученного растра на комбинацию 7-5-4

После визуального анализа полученных результатов, были принято решение, что дальнейшая обработка снимков будет происходить по индексу MNDWI.

3.4 Обработка снимков Landsat-7 за 2010 год и Landsat-8 за 2015,2020 годы

- 1) Пять снимков одного года были рассчитаны по индексу MNDWI.
- 2) Далее необходимо сшить полученные снимки в единую мозаику. Но перед тем как это сделать, были необходимо проверить проекцию каждого снимка.
- 3) В ходе проверки было выяснено, что два из пяти снимков не находятся в проекции проекта. Для перепроекции был выполнен переход по функциям «Растр-Проекция-Перепроцирование» и в всплывшем диалоговом настроение функции:

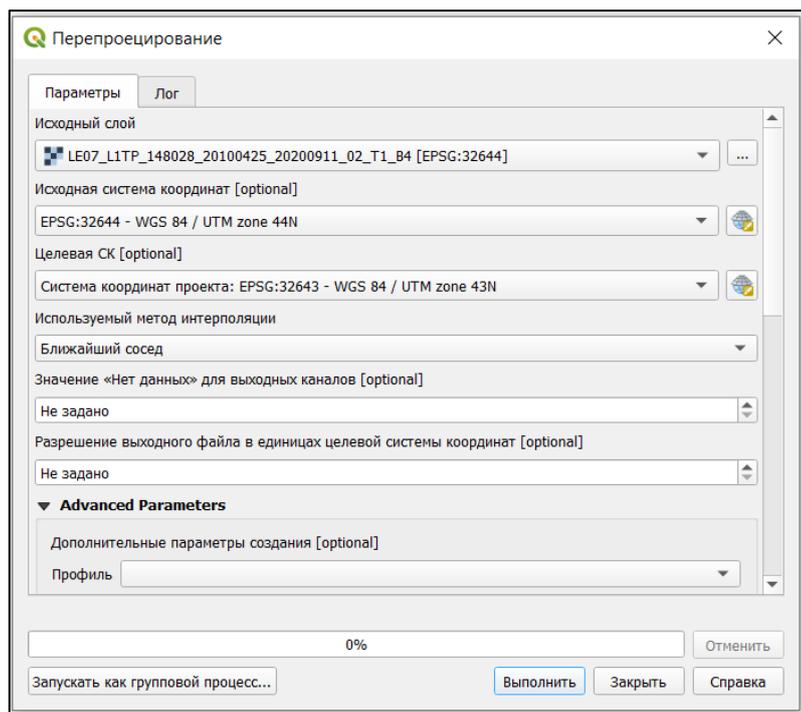


Рисунок 20 - Диалоговое окно «Перепроецирование»

4) Далее 5 снимков в одной проекции были сшиты. Для этого был выполнен переход по функциям «Растр-Прочее-Результат». В всплывшем диалоговом окне были подгружены снимки и выполнено сшивание в единую мозаику.

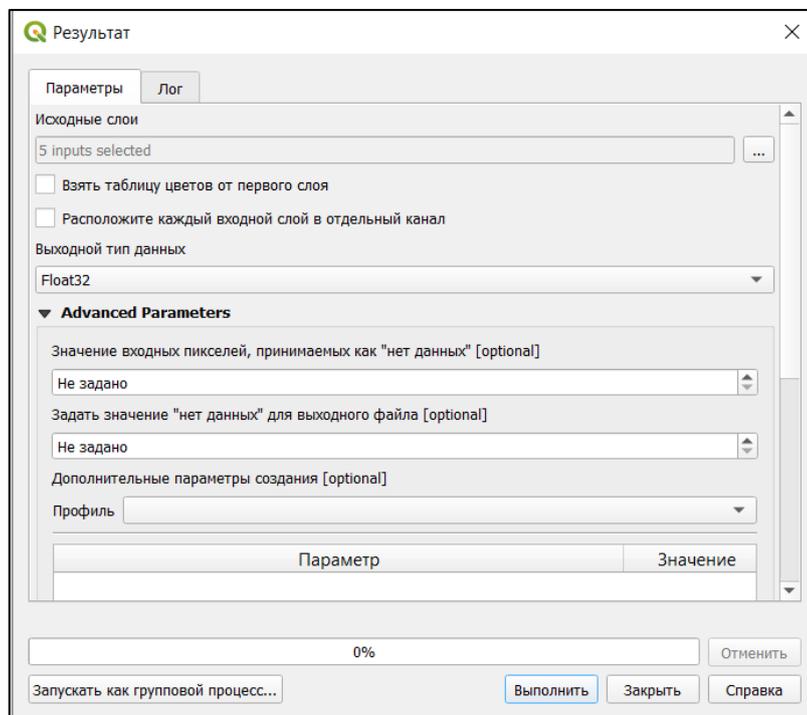


Рисунок 21 - Диалоговое окно «Результат»

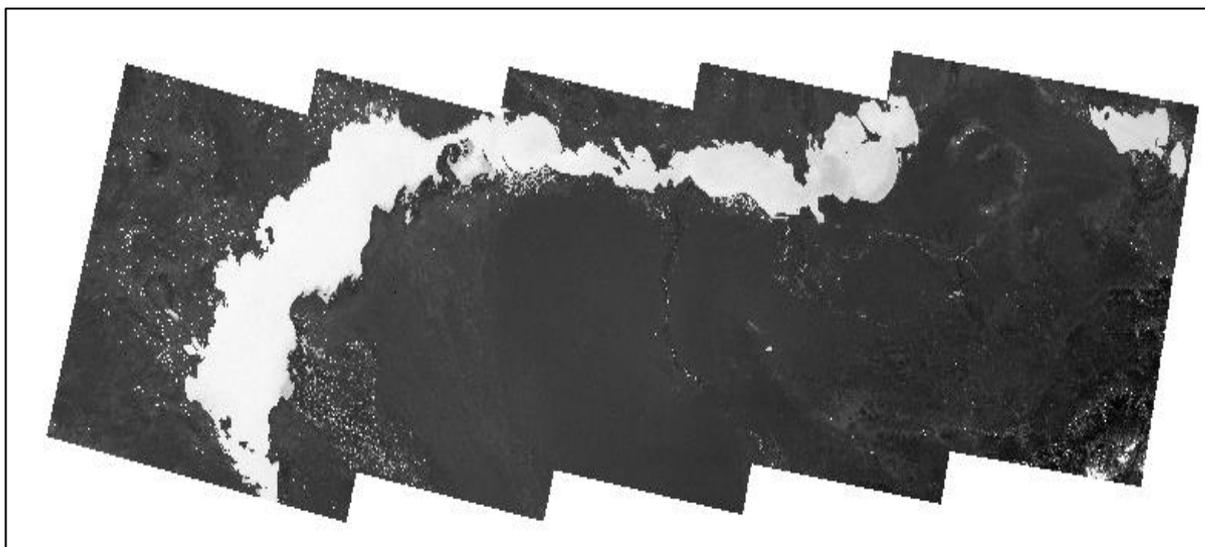


Рисунок 22 - Полученная мозаика

5) Затем необходимо было обрезать мозаику, чтобы при векторизации не были оцифрованы лишние объекты. Для этого был создан временный слой, который будет служить маской для обрезки объекта. Объект был обведен полигоном примерно по краям береговой линии.

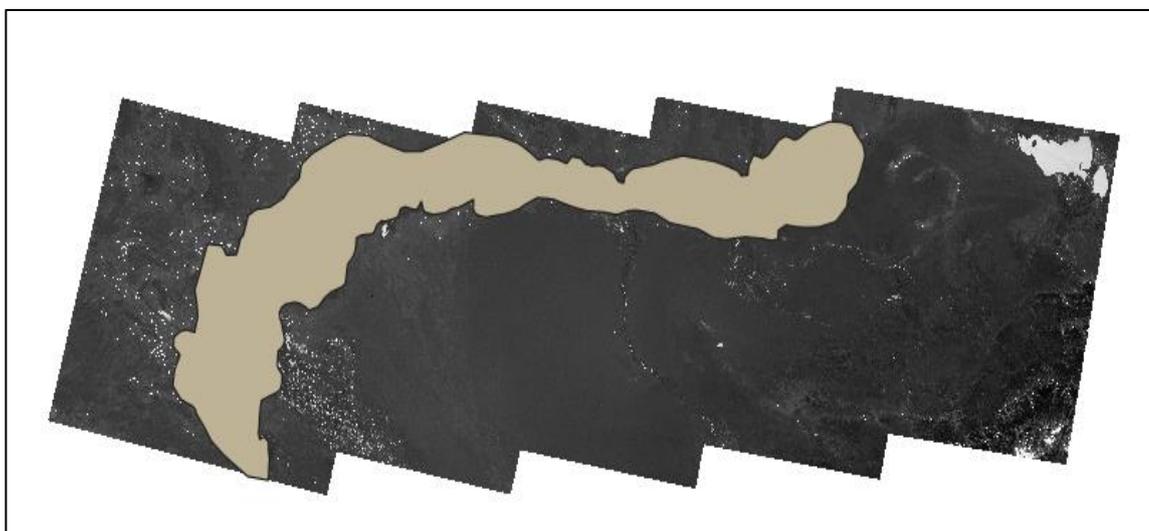


Рисунок 23 - Временный слой на мозаике

6) Далее для обрезки был выполнен переход по функциям «Раст-Извлечение по маске», подгружены слои мозаики и временного полигона и выполнена обработка:

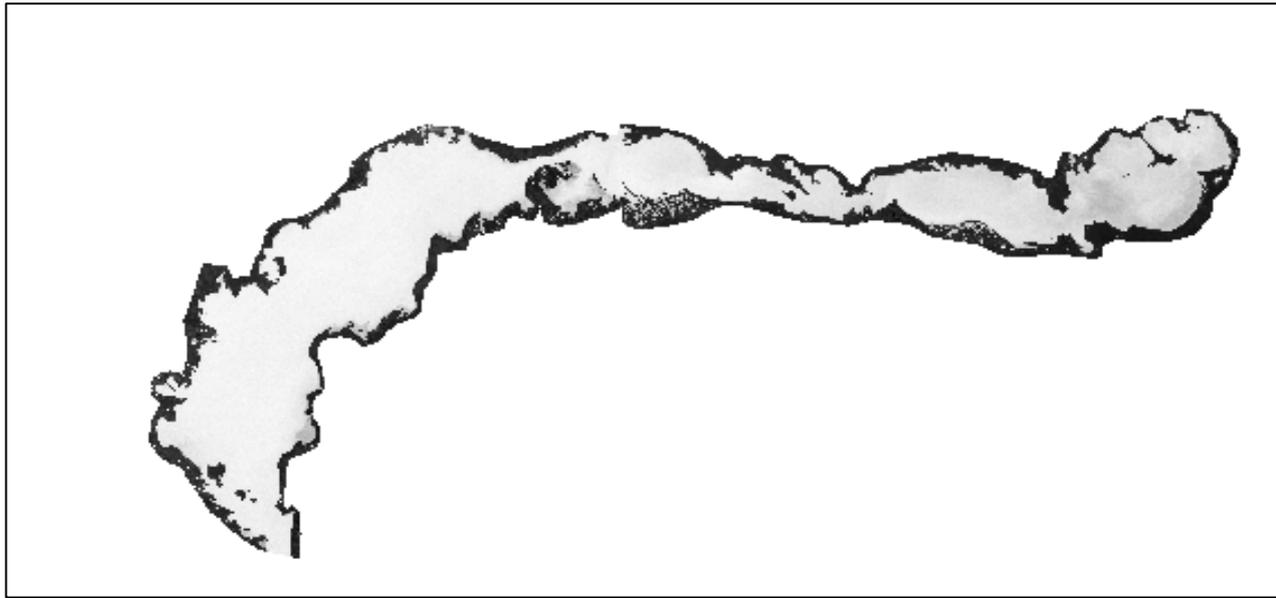


Рисунок 24 - Вырезанный объект

7) Далее было необходимо оцифровать береговую линию. Для этого в наборе «Инструменты анализа» была выбрана функция «Создание полигонов». Был подгружен слой с вырезанным объектом. Результат:



Рисунок 25 - Полигон объекта

Обработка снимков по последующим годам проведена подобным образом.

4 Анализ обработки

После завершения обработки снимков за разные годы необходимо провести анализ растров и полученных площадей.

Для визуального анализа были рассмотрены 3 растра за 2010, 2015 и 2020 годы:

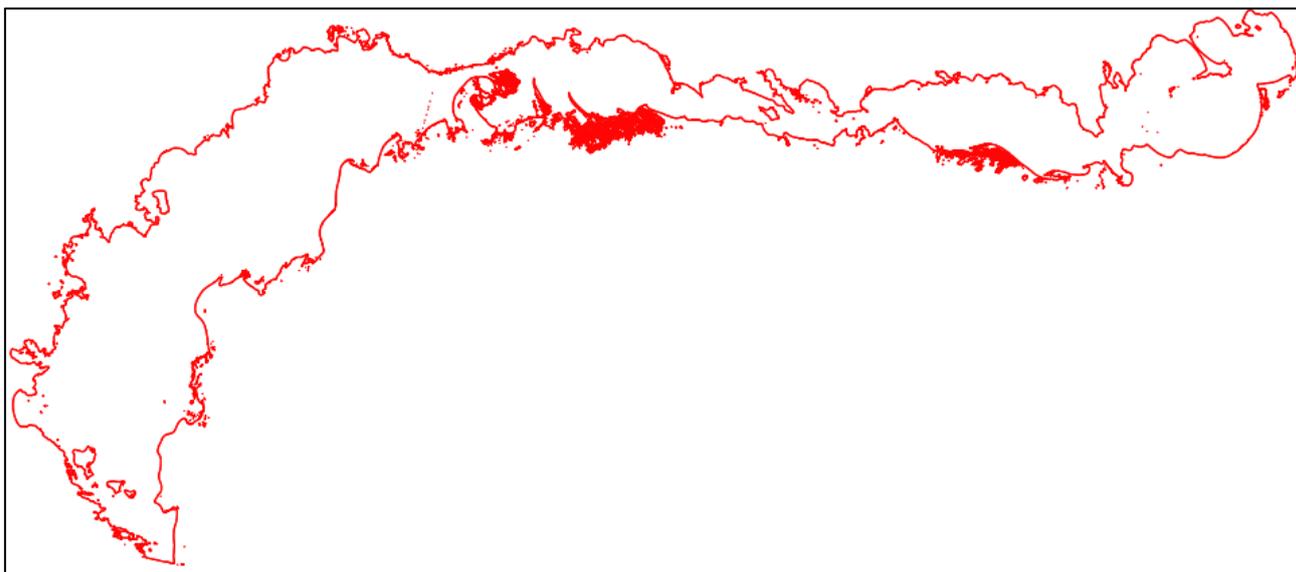


Рисунок 26 - Полученный растр озера Балхаш за 2010 год

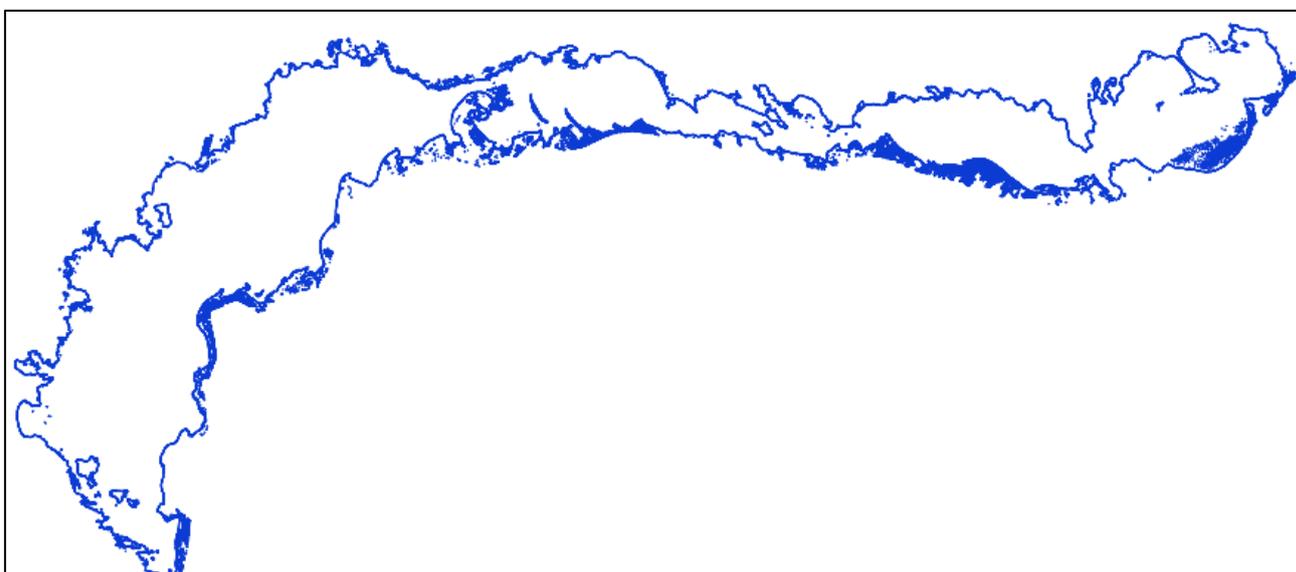


Рисунок 27 - Полученный растр озера Балхаш за 2015 год

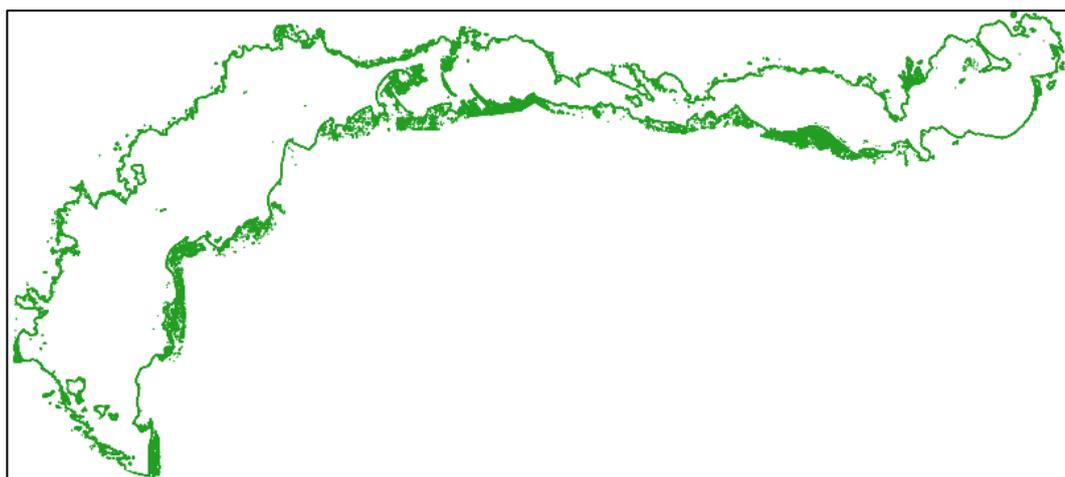


Рисунок - 28 Полученный растр озера Балхаш за 2010 год

Стоит отметить, что с каждым годом образуются острова внутри озера, а площадь уже имеющихся увеличивается.

Для получения количественных значений площадей была использована функция «Свойства». Таким образом, были получены следующие данные площадей за 15 лет:

Таблица 4. Измерение площади озера Балхаш

Год	2010	2015	2020
Площадь, м2	16435454200,727	16435452980,154	16435450899,007

Далее была составлена диаграмма изменения площади озера Балхаша:

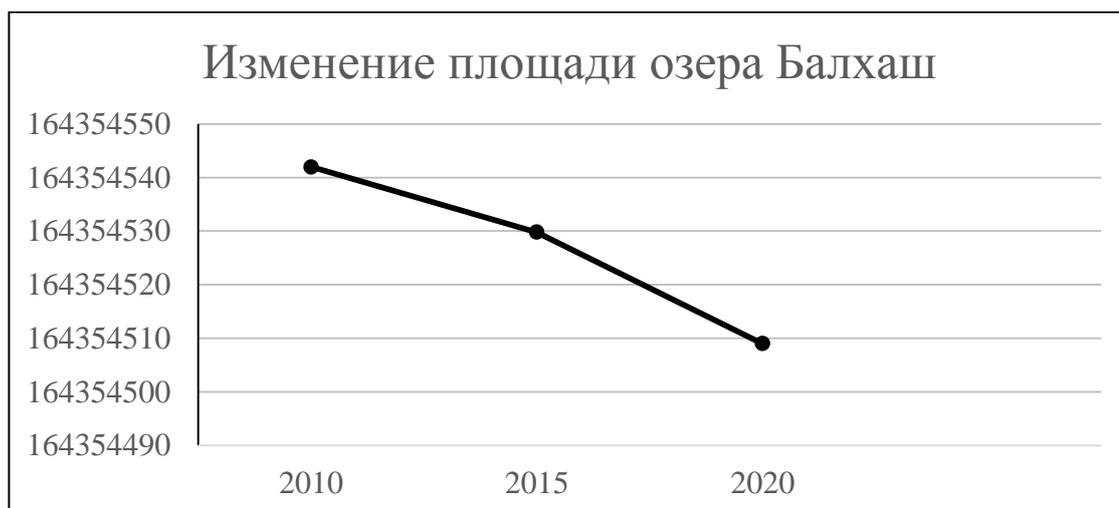


Рисунок 29 - Диаграмма «Изменение площади озера Балхаш»

Стоит отметить, что площадь озера Балхаш за 15 лет уменьшилась 6,9%.

Проведя обработку снимков и анализ изменения площади озера Балхаша за 10 лет стоит отметить следующие пункты

Для распознавания береговых линий озер более точен расчет по индексу MNDWI;

По анализу полученных изображений на территории озера появляются все больше островов и полуостровов. Это говорит о том, что уровень воды ежегодно падает.

Если не исправить ситуацию, то в ближайшее время возможны следующие варианты развития событий:

- ухудшение климата;
- пересыхание всей озерной системы;
- появление постоянных пыльных бурь;
- потеря природного национального достояния;
- миграция населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломной работы были достигнуты поставленные цели и получен результат, а именно изучены методы мониторинга по космическим снимкам, более подходящего для озера Балхаш, произведен расчет растров для изучения береговой линии различными индексами и сделан анализ изменения площади выбранного объекта.

Исследование озера Балхаша было проведено поэтапно и были получены следующие навыки:

- 1) исправление искажений на снимках Landsat-7;
- 2) расчет растров по индексам NDVI, WRI и MNDWI;
- 3) перепроецирование космических снимков из одной проекции в другую;
- 4) сшивание космических снимков в мозаику;
- 5) создание временного слоя для обрезки растра по «маске»;
- 6) обрезка растра по «маске»;
- 7) векторизация береговой линии.

Помимо полученных навыков был получен опыт работы с ПО «QGis».

В ходе выполнения этапов обработки космических снимков были приобретены практические навыки, закреплены теоретические знания, полученные ранее в процессе обучения.

В настоящее время методы мониторинга и обработки космических снимков все еще разрабатываются и внедряются для мониторинга береговых линий водных объектов Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет-ресурс CAWATER info <http://www.cawater-info.net/bk/1-1-2-1-balkhash.htm> .
2. И.Е. Курбатова. Космический мониторинг береговой зоны, ссылка на интернет-ресурс: http://d33.infospace.ru/d33_conf/2008_pdf/2/70.pdf
3. Интернет-ресурс Earth Observing System <https://eos.com/ru/blog/ndvi-vo-prosy-i-otvety/>
4. Интернет – ресурс GIS-Lab <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
5. Образовательный портал Coursera. Технология аэрофотосъемки с использованием БЛА <https://www.coursera.org/learn/bla>
6. Интернет – ресурс Greenologia. Экологические проблемы озера Балхаш <https://greenologia.ru/eko-problemy/gidrosfera/ozero-balxash.html>
7. Космические снимки. Earth Explorer- <https://earthexplorer.usgs.gov/>
8. Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. Ссылка на интернет-ресурс: <https://www.mdpi.com/2072-4292/8/4/354>