

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Исследование абразионных процессов Волгоградского водохранилища в
акватории города Саратова**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента _____ 2 _____ курса _____ 246 _____ группы _____
направления _____ 05.04.06 Экология и природопользование _____
_____ Шаповалова Ярослава Юрьевича _____

Научный руководитель
старший преподаватель

должность, уч. степень, уч. звание
Зав. кафедрой

к.с.-х.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

П.А. Шлапак

инициалы, фамилия

В.А. Гусев

инициалы, фамилия

Саратов 2023

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: берега Волги в Саратовской области постоянно подвержены абразионным процессам. Особенно заметны негативные последствия в береговой зоне водохранилищ, активное разрушение которой продолжается более 50 лет. Это приводит к постепенному отступанию клифовых берегов и утрате участков суши. Таким образом абразия влияет на жизнедеятельность человека, препятствуя освоению береговых территорий и создавая угрозу для возводимых здесь сооружений.

Цель работы: исследование абразионных процессов Волгоградского водохранилища в Саратовской области и анализ возможных мер противодействия.

Основные задачи:

1. теоретическое исследование абразионных процессов, их причин и последствий;
2. изучение текущего состояния абразионных процессов участка Волгоградского водохранилища в Саратовской области;
3. изучение возможностей использования геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования при изучении процесса развития абразионных процессов;
4. изучение возможностей использования дистанционных методов исследований для идентификации потенциально подверженных абразии берегов;
5. анализ возможных мер противодействия абразионным процессам.

Основные положения работы, выносимые на защиту:

1. Использование дистанционных методов исследований позволяет отследить и визуализировать процесс изменения берегов в результате абразионных процессов;
2. Анализ разновременных космоснимков водохранилищ позволяет выявить наиболее неустойчивые к абразии берега.

Структура и объёмы работы: выпускная квалификационная работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников и 5 приложений. К рассмотрению предлагаются 1 таблица, 17 рисунков. При написании данной работы использовались 33 источника, включая 15 печатных и 18 электронных источников сети интернет.

Основное содержание работы

1 ГИС-технологии в исследованиях водохранилищ

Геоинформационные системы (ГИС) представляют из себя информационные системы, обеспечивающие сбор, хранение, обработку, отображение и распространение данных, а также получение на их основе новой информации и знаний о пространственно-координированных явлениях. Они содержат инструменты, дающие возможность пользователям искать, анализировать и редактировать цифровые карты, а также дополнительную пространственную информацию об интересующих объектах.

С ГИС напрямую связаны геоинформационные технологии. Их можно описать как совокупность программно-технологических средств получения новых видов информации об окружающем мире. Геоинформационные технологии предназначены для повышения эффективности процессов управления, хранения и представления информации, обработки и поддержки принятия решений.

ГИС-технологии дают возможность установить взаимосвязи между различными явлениями, выявить альтернативную точку зрения на уже изученную проблему и тому подобное. Исследователи адаптируют ГИС-технологии под специфику своих исследований. ГИС способна моделировать объекты и процессы, протекающие не только на суше (территории), но и на акваториях морей, океанов и внутренних водоёмов (акватории) [1].

Использование ГИС-технологий, а также цифровой картографии позволяет исследовать и анализировать сложный процесс образования и развития больших водохранилищ по их цифровым картографическим моделям, создаваемых в двухмерном, трехмерном и четырехмерном (изменение с течением времени) варианте. Геоинформационное картографическое

моделирование значительно расширяет возможности аккумуляции, актуализации, передачи, тиражирования и манипуляции информацией и данными касательно динамики области воздействия водохранилищ. Оно является крайне эффективным, очень гибким инструментом, не подлежащим замене, для научных, ведомственных, административных и других учреждений при выявлении, пространственной привязке, исследовании и оценке абразионных, карстовых, биогенных, гравитационных, оползневых и других нежелательных процессов. Область их активного распространения расположена как в береговой зоне, так и за её пределами, что важно при их прогнозе, планировании и организации мероприятий по борьбе с данными процессами и ликвидации последствий их деструктивной деятельности [2].

В исследованиях водохранилищ также используются данные дистанционного зондирования. Дистанционное зондирование – это процесс, который позволяет получить информацию о объекте, территории или явлении без необходимости прямого контакта с ним. Этот метод включает в себя все типы бесконтактных съемок, которые осуществляются с разных измерительных платформ, таких как воздушные и космические летательные аппараты (спутники, космические корабли, самолеты, вертолеты и т. д.), надводные суда и подводные лодки, станции на суше. Космоснимок при этом представляет собой двумерное метрическое изображение определённых объектов, получаемое целенаправленно как итог удалённой регистрации и/или измерения отраженного или собственного излучения, и является самой подходящей формой измерения, регистрации и отображения излучения, содержащего географические сведения об изучаемых объектах. За несколько последних десятилетий существенно возросли качество, объём и разнообразие материалов дистанционного зондирования. На данный момент собран и обработан огромный фонд (более 100 млн) аэрокосмических снимков, полностью покрывающих всю поверхность Земли, а для значительной части районов – с неоднократным перекрытием [3].

2 Абразионные процессы

Воздействие волн провоцирует и такое геоморфологическое явление, как абразия. Так называют процесс стачивания и разрушения горных пород и минералов в результате действия мелких твердых фрагментов в составе потока воды. Разрушительные процессы проявляются у берегов и связаны с перемещением объёмов воды, зарождающимся под воздействием ветра и приливо-отливных течений. Масштабы абразии также зависят от силы прибоя. Абразия происходит главным образом под воздействием ветровых волн [4].

Суть абразии заключается в разрушении горных пород, из которых состоит берег, под воздействием гидравлического удара прибойного потока, мгновенной компрессии и декомпрессии воздуха в трещинах пород в результате воздействия прибоя, а также в период более поздней стадии развития береговой линии путём бомбардировки и истирания горной породы обломочным материалом, который вода подбирает с собой с морского дна.

Морфологическим выражением всех вышеуказанных процессов является формирование в профиле берегового склона вдающегося угла, вершина которого лежит немного выше уровня высокой воды на морях с приливами и немного выше уровня воды в морях без приливов и в озёрах. Образование этой вершины отмечает выделение двух основных морфологических элементов абразионного побережья: крутого, часто отвесного берегового уступа или клифа, а также примыкающей к подножию клифа, полого склоняющейся в направлении моря поверхности береговой или абразионной платформы, она же бенч.

По мере возобновления волноприбойной ниши и новых обвалов нависающего над ней обрыва клиф постепенно сдвигается вглубь суши. Перед клифом остаётся след его продвижения в виде всё более и более широкой абразионной платформы. Поскольку размыв грунта происходит и под водой, но достигает пика на побережье, профиль этой абразионной платформы приобретает вид выполаживающейся в сторону суши выпуклой кривой. Чем сильнее расширяется бенч, тем полоса прибрежного мелководья становится шире. Со временем расход энергии волны при прохождении над бенчем

возрастает, клиф отступает все медленнее, процесс абразии постепенно затухает [5].

Формирование берегов водохранилищ после их наполнения водой называют переработкой, так как прежде берега складывались под влиянием природных процессов преимущественно в естественных условиях. После заполнения водохранилищ эти условия резко изменяются. Под влиянием подмыва, разрушения и других процессов формируется новосозданная береговая линия, в рамках которой с высокой скоростью прогрессирует размыв берегов, нарушается устойчивость склонов, активизируются экзогенные геологические процессы. Результатом является отступление надводной части берегового уступа, изменение его контуров и образование абразионной аккумулятивной отмели в подводной части этого уступа [6].

3 Волгоградское водохранилище

Для сбора и накопления сведений о процессе перестроения побережий Волгоградского водохранилища и принятия необходимых организационно-управленческих решений в сфере обеспечения безопасности на берегу водоёма должно быть организовано проведение постоянных наблюдений (мониторинга) изменения береговой линии. Мониторинг перестроения побережий водохранилища является безусловно необходимым условием предотвращения возможного кризисного или даже катастрофического развития экологической обстановки [7].

С приходом современных компьютерных и космических технологий одним из наиболее оптимальных и распространённых способов мониторинга в том числе изменений береговой линии водохранилищ стало использование данных дистанционного зондирования: при изучении поверхности Земли учёные все чаще стали использовать снимки, на которых имеются данные не только в видимом диапазоне, но и в диапазонах, визуально недоступных человеку.

Существует два основных подхода для обработки невидимых каналов. Суть первого состоит в том, что данные из этих каналов могут быть обработаны в чистом виде, без преобразования в видимый спектр. Второй подход

заключается в том, что невидимые каналы преобразуются в видимые. Существует возможность либо создать новое RGB-изображение (псевдоцветное), либо изменить интенсивность видимых каналов на исходном снимке. В итоге на новом изображении у пользователя есть возможность самостоятельно изучать и оценивать интересующие его данные [8].

Изображения, полученные из мультиспектральных снимков путём комбинирования разных каналов, называются индексами изображений. Для исследований водных объектов в целом и водохранилищ в частности могут быть использованы нормализованный разностный водный индекс (NDWI) для более старых спутниковых снимков и модифицированный стандартизованный индекс различий воды (MNDWI) – для более новых. Эти индексы улучшают отображение объектов открытых водных пространств [9].

В рамках исследований изменений береговой линии Волгоградского водохранилища в результате абразионных процессов был выбран участок акватории в Саратовской области от города Маркс до села Приволжское. Эта область находится вблизи большого населенного пункта – города Саратов, имеет в наличии в северной части многочисленные пойменные острова, крутой правый берег, являющийся краем Приволжской возвышенности, и пологий левый. Эта часть водохранилища является озёрно-речной, здесь абразионные процессы сталкиваются с русловыми – обусловленными действием текущей воды, проявление которых заключается в размыве или намыве дна и берегов.

Так как абразионное разрушение побережий водохранилища занимает продолжительный отрезок времени, был выбран длительный период в практически четыре последних десятилетия. Основным источником информации являлись многоканальные снимки Landsat 5, 7 и 8, взятые с сайта Геологической службы США [10].

Наиболее старый из доступных снимков датировался 1984 годом, самый новый – 2023 годом. Между ними были выбраны снимки за все остальные годы, качество которых позволяло проводить дешифровку местности. Наиболее сильна абразия в период половодья, когда вода максимально близко подходит к

абразионным берегам, потому на основе данных графиков о среднем уровне воды за 23 года и расходе воды за 48 лет были взяты снимки за конец апреля – начало мая каждого года.

Для дальнейших исследований и построения мультиспектральных индексов была использована геоинформационная система QGIS. Это дружелюбная по отношению к пользователю географическая информационная система (ГИС) с открытым кодом, распространяющаяся по универсальной общественной лицензии [11].

Индексы изображений в QGIS строятся при помощи функции «Калькулятор растров». В программу добавляются растровые слои необходимых каналов – 2 и 5 для Landsat 5 и 7, а также каналы 3 и 6 для Landsat 8. Далее открывается окно «Калькулятора растров», где указывается формула вычисления индексов. В результате получается растровый слой, после настройки отображения которого водные объекты будут достаточно ярко выделены.

Таким образом были построены индексы для каждого снимка. После этого начался этап сопоставления снимков, выявления наибольших изменений береговой линии и мест, где с наибольшей долей вероятности переработка берега была спровоцирована абразионными процессами. Так, наиболее подверженными изменениям оказались пойменные острова северной озеровидной части выбранного участка водохранилища, а также другие группы островов. Однако данный процесс в большей степени является результатом воздействия русловых процессов, а не абразионных.

Наибольшее отступление коренного берега было отмечено на левобережье в южной части исследуемой акватории в районе населённых пунктов Зауморье, Степное, Приволжское. В этой области действительно отмечаются абразионные процессы. Также участки берега с высоким риском развития абразии были обнаружены на правом берегу Волгоградского водохранилища к северу от Саратова в районе населённых пунктов Березняки, Усть-Курдюм, Пристанное, а также к югу от Саратова в районе населённых пунктов Красный Текстильщик, Широкий Буерак, Синенькие, Сосновка, Мордово.

После этого при помощи инструментов программы QGIS были оцифрованы контуры берегов исследуемого фрагмента водохранилища и выделены участки, наиболее пострадавшие от абразии и с наибольшим риском развития абразионных процессов.

В целях проверки гипотезы был совершён выезд на некоторые выделенные места, а именно в районе Широкого Буерака и Синеньких. Там были обнаружены берега с характерными для абразии чертами в виде крутого склона и сложенного у основания обломочного материала.

Абразионные процессы тем активнее, чем более сильному волновому воздействию подвергаются берега. Энергия волны равняется произведению её массы на скорость. Однако на мелководье масса волны теряется и волновое воздействие на береговую линию слабеет. Следовательно, крутые берега, переходящие в крутой глубоководный склон, лучше поддаются абразии, чем пологие, имеющие большую подводную отмель.

Чтобы выделить участки с наибольшими глубинами было решено создать цифровую модель рельефа (ЦМР) дна выбранного участка Волгоградского водохранилища. Для этого были использованы данные лоции из тома 6 Атласа Единой Глубоководной Системы (ЕГС). Для оцифровки рельефа дна водохранилища была использована геоинформационная система MapInfo Professional, предназначенная для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных [12]. По полученной ЦМР видно, что выделенные ранее абразионные участки в основном совпадают с местами наибольших глубин. Сильную абразию левого берега на юге можно объяснить более слабым и податливым грунтом, его складывающим.

На основе данных, полученных в ходе дешифрирования и сопоставления космических снимков исследуемого участка выяснено, что за 40 лет процесс разрушения береговой линии не остановился, абразия развивалась и будет продолжать развиваться и разрушать прибрежную полосу, особенно в южной части исследованного участка. Вместе с этим Саратовская область ежегодно

теряет по несколько гектаров пригодных для хозяйственной деятельности земель, местами берег отошёл на несколько десятков метров.

Для борьбы с данными негативными явлениями существует ряд различных способов. К примеру, при строительстве новой набережной в Саратове были возведены молы-волнорезы, ограждающие пляж от сильного течения и препятствующие его размыванию. На многих подверженных абразии участках правобережья к югу от Пудовкино имеются укрепления в виде бетонных и железобетонных плит, «укрывающих» берег. Данные методы являются весьма дорогими, значительная часть этих сооружений была повреждена прибоем. Другими методами берегоукрепления являются создание пляжной зоны, гасящей энергию волн, и древесно-кустарниковые насаждения, скрепляющие берег (камыш, барбарис, смородина, шиповник, кизильник).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были изучены теоретические вопросы о абразии берегов, текущее состояние абразионных процессов выбранного участка, изучены и успешно апробированы возможности дистанционных методов исследований, геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования при изучении процесса развития абразионных процессов.

При помощи разных способов были выявлены и нанесены на карту участки берега с высоким риском развития абразионных процессов и проанализированы возможные меры противодействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Инновационный Центр «Морские и подводные технологии»
[Электронный ресурс]: URL:
<http://incseatech.ocean.ru/index.php/geoinfrmatsionnye-sistemy-i-ikh-prilozheniya/102-chto-takoe-geoinformatsionnye-sistemy-gis.html> (дата обращения 2.05.2023). – Загл. с экрана. - Яз. рус.

2 Ступин, В. П. Морфодинамическое исследование и геоинформационное картографирование зоны влияния Иркутского водохранилища / В. П. Ступин, Л. А. Пластинин, Б. Н. Олозоев // Интерэкспо Гео-Сибирь / Федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», 2018. – С. 221-229.

3 Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.

4 Береговые процессы и геоморфологические типы берегов на черноморском побережье Краснодарского края [Электронный ресурс]. URL: https://stud.wiki/geology/2c0a65625a2bc68a4c43b89421306d36_0.html (дата обращения 20.02.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5 Береговые процессы: мониторинг и инновационные комплексные исследования: Учебное пособие / В. С. Исаев [и др.]; Под редакцией профессора Е. И. Игнатова, доцента В. С. Исаева. - Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2018 – 246 с.

6 Методы переработки берегов водохранилищ [Электронный ресурс]. URL: https://otherreferats.allbest.ru/geology/00613907_0.html (дата обращения 2.05.2023). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7 Баранова, М. С. ГИС-технологии и спутниковые данные как инструменты мониторинга геодинамических процессов Волгоградского водохранилища / М. С. Баранова, О. В. Филиппов, А. И. Кочеткова, Е. С. Брызгалина // Географический вестник / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 2016. – С. 148-160.

8 Иванов, Е. С. Некоторые приложения сегментации снимков ДЗЗ / Е. С. Иванов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 13. № 1. 2016. – С. 105-116.

9 Галерея индексов [Электронный ресурс]. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm> (дата обращения 4.05.2023). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

10 Геологическая служба США (USGS) [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 20.02.2023). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

11 QGIS Свободная географическая информационная система с открытым кодом [Электронный ресурс]: URL: <https://qgis.org/ru/site/about/index.html> (дата обращения 4.05.2021). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

12 mapinfo.ru [Электронный ресурс]: URL: <https://mapinfo.ru/> (дата обращения 5.05.2021). – Загл. с экрана. – Яз. рус.