

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ
«РОССИЙСКИЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ЦЕНТР»

На правах рукописи

ГЛИНКА ВАДИМ ВАСИЛЬЕВИЧ



**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ
ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ГИС ТЕХНОЛОГИЙ**

Специальность 1.6.21. Геоэкология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук, доцент
Беспалова Людмила Александровна

Ростов-на-Дону-2022

Введение.....	4
1. Глава. Физико-географические условия Цимлянского водохранилища и водоохранной зоны.	9
1.1. Географическое положение.....	9
1.2. Особенности геологии, тектоники рельефа.....	12
1.2.1 Инженерно-геологическое районирование берегов водохранилища.....	15
1.2.2 Особенности формирования рельефа.....	21
1.3. Климатические условия.....	24
1.4. Орографическая география бассейна Цимлянского водохранилища.....	26
1.5. Гидрографическая сеть.....	29
1.6. Гидрографические условия.....	30
1.7. Ландшафты	31
2. Глава. Современные методы дистанционных обследований и ГИС-технологий для мониторинга водоохранной зоны водных объектов.....	34
2.1 Анализ функциональных возможностей различных моделей БЛА и программного обеспечения.....	35
2.2 Модели беспилотных летательных аппаратов, используемые в составе программно-аппаратного комплекса.....	37
2.3 Виды дистанционных и наземных обследований водоохранной зоны для изучения природных и антропогенных объектов и их процессов.....	38
2.4 Продукты компьютерной обработки фотоснимков водоохранной зоны и берегов Цимлянского водохранилища.....	38
3. Глава. Создание банка данных типов берегов и уточнение схемы "типы берегов Цимлянского водохранилища" на основе материалов съемок с БЛА.....	43
3.1 Материалы и методы исследования.....	44
3.2 Инструкция по использованию инструмента визуализации геоморфологических данных и материалов съёмки берегового уступа для ArcMap...	45
3.3 Анализ банка данных типов берегов.	49
3.4 Морфологические и морфометрические особенности типов берегов на основе банка данных.....	50
3.4.1. Морфологические и морфометрические особенности абразионно-обвальных берегов.....	50
3.4.2. Морфологические и морфометрические особенности абразионно-осыпных берегов.....	57
3.4.3. Морфологические и морфометрические особенности абразионно-оползневых берегов.....	60
3.4.4. Морфологические и морфометрические особенности аккумулятивных берегов.....	69
3.4.5. Морфологические и морфометрические особенности низких берегов затопления.....	78
3.5 Сравнительный анализ Схем типов берегов Цимлянского водохранилища....	86
4. Глава. Оценка опасных экзогенных геологических процессов.....	95
4.1 Интенсивность проявления абразионных процессов.....	95
4.1.1. Материалы и методы оценки интенсивности проявления абразионных процессов.....	96
4.1.2 Изменения бровки берегового обрыва, зафиксированные при помощи БЛА.....	97
4.1.3. Оценка интенсивности абразии берегов Цимлянского водохранилища....	112
4.2 Оценка эрозионной расчлененности водоохранной зоны.....	117

4.2.1. Материалы и методы оценки горизонтальной эрозионной расчлененности водоохранной зоны.....	118
4.2.2. Результаты оценки горизонтальной расчлененности.....	123
4.2.3. Оценка вертикальной эрозионной расчлененности на примере оврага возле х. Альдабульский.....	130
5. Глава. Антропогенное воздействие на водоохранную зону Цимлянского водохранилища.....	133
5.1 Ограничения по деятельности в ВЗ и ПЗП.....	133
5.2 Определение границ водоохранной зоны.....	133
5.3 Хозяйственная деятельность в пределах водоохранных зон.....	134
5.4 Оценка антропогенной нагрузки на ВЗ.....	135
5.4.1. Методы оценки антропогенной нагрузки с применением БЛА.....	135
5.4.2. Результаты оценки антропогенной нагрузки на ВЗ.....	138
5.5 Оценка антропогенного давления на ВЗ Цимлянского водохранилища.....	141
5.5.1. Методы оценки антропогенного давления на ВЗ с применением БЛА.....	141
5.5.2. Результаты оценки антропогенного давления.....	141
6. Глава. Геоэкологическая оценка водоохранной зоны Цимлянского водохранилища.....	145
6.1 Методология комплексной геоэкологической оценки территории.....	145
6.2 Методика ранжирования ВЗ Цимлянского водохранилища на основе балльно-рейтинговой системы.....	147
6.3 Геоэкологическая оценка водоохранной зоны и рекомендации по минимизации природно-антропогенных воздействий.....	149
6.4 Геоэкологическая оценка ВЗ по административным районам Ростовской и Волгоградской областей.....	174
6.5 Применение матрицы Мак-Кинси для оценки соотношения природных и антропогенных факторов воздействия на ВЗ.....	178
Заключение.	180
Список литературы.	183

Введение

Актуальность исследования. Своевременное выявление опасных природно-антропогенных (ПА) процессов в водоохранных зонах (ВЗ), а также нарушений режима их использования имеет важное значение для принятия мер по блокированию и минимизации негативных изменений и их последствий в состоянии ВЗ. Учитывая большую протяженность и разнообразие природных условий побережья Цимлянского водохранилища, осуществлять регулярные наблюдения (мониторинг) за состоянием и соблюдением режима ВЗ традиционными методами наземных обследований довольно сложно.

Существенно расширить возможности осуществления мониторинга ВЗ крупных водных объектов возможно за счет более широкого использования для наблюдения беспилотных летательных аппаратов (БЛА), а для накопления, систематизации и анализа полученной информации – ГИС-технологий.

Целью данной работы является геоэкологическая оценка ВЗ Цимлянского водохранилища на основе данных дистанционного зондирования земли с применением беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Объект исследования – водоохранная зона Цимлянского водохранилища.

Предмет исследования – мониторинг береговых и эрозионных процессов, антропогенной нагрузки и антропогенного давления, геоэкологическое районирование ВЗ.

Соответствие диссертационного исследования паспорту специальности.

Тема научной работы соответствует паспорту специальности 1.6.21 – «Геоэкология». В связи с изучением и оценкой состояния процессов, происходящих на объекте исследования, а также применению современных методов картирования, исследование по данной тематике полностью отвечает следующим пунктам паспорта специальности:

9. Динамика, механизм, факторы и закономерности развития опасных природных и техноприродных процессов, прогноз их развития, оценка опасности и риска, управление риском, превентивные мероприятия по снижению последствий катастрофических процессов, инженерная защита территорий, зданий и сооружений.

14. Научные основы организации геоэкологического мониторинга природно-технических систем и обеспечение их экологической безопасности, разработка средств контроля состояния окружающей среды.

16. Моделирование геоэкологических процессов и последствий хозяйственной деятельности для природных комплексов и их отдельных компонентов. Современные методы геоэкологического картирования, ГИС-технологии и информационные системы в геоэкологии.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На основе съемок с БЛА создана база данных в виде тематических электронных таблиц и ГИС-карт, отражающих современное состояние природно-антропогенных процессов ВЗ Цимлянского водохранилища.

2. Выполнен детальный анализ существующей Схемы типов берегов, разработанной институтом Южгипрорводхоза (1982 г.) и внесены существенные уточнения и дополнения (на 60 % береговой линии) в указанную Схему на основе съемок с БЛА, полученных с 2017 по 2021 г.

3. Проведена оценка на основе съемок с БЛА опасных береговых и эрозионных процессов и выполнено районирование ВЗ по интенсивности их проявления с применением ГИС-технологий.

4. Исследовано антропогенное воздействие на ВЗ Цимлянского водохранилища, включающее в себя антропогенную нагрузку и антропогенное давление. Проведено районирование ВЗ по этим показателям.

5. Выполнена комплексная геоэкологическая оценка ВЗ Цимлянского водохранилища с учетом проявления опасных природных и антропогенных воздействий.

Практическая значимость.

Результаты исследования являются составной частью отчетов «Федерального агентства водных ресурсов».

Наименование темы: «Разработка инструктивно-методических материалов по созданию на базе беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий программно-аппаратных комплексов для проведения мониторинга состояния берегов и водоохранных зон Цимлянского водохранилища», выполняемой в соответствии с планом работ по обеспечению ведения государственного водного реестра, функционирования автоматизированных информационных систем и программных информационно-аналитических комплексов в системе Росводресурсов, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и информационных работ.

Материалы и методы частично используются при мониторинговых исследованиях, для разработки рекомендаций по рациональному природопользованию, могут служить информационной базой для принятия стратегических решений развития хозяйственной деятельности органами отраслевого, местного и регионального управления, а также при чтении лекций в Южном федеральном университете.

Достоверность результатов.

В ходе выполнения исследования применялись обширные картографические, полевые и фондовые материалы. При отработке методики мониторинга за состоянием ВЗ Цимлянского

водохранилища были использованы возможности цифровой фотограмметрической системы Agisoft Metashape Professional 1.6. Построение картосхем производилось в ГИС-среде (таб. 1) ArcGIS 10.0.

Таблица 1 – Общий объем исследований.

№	Виды работ	Количество
1	Протяжённость обследований с помощью БЛА	Более 1100 км береговой линии
2	Экспедиционные работы при помощи БЛА	1000 полетов
3	Обработка и анализ фотографий	~350000 шт.
4	Создание ортофотопланов	300 шт.
5	Создание карто-схем	25 шт.
6	Создание схем профилей	370 шт.
7	Координатные точки, где проводились профиля	217 шт.
8	Создано и изучено «ячеек»	673 шт.
9	Обнаружено антропогенных объектов в ВЗ	620 шт.
10	Выделено оврагов и изучено их морфологическое и морфометрическое строение	2733 шт.

Исходные материалы и личный вклад автора.

В основу исследования положены материалы полевых и камеральных исследований, выполненных автором в составе работ отдела НИР и ОКР по восстановлению и охране водных объектов ФГБУ РосИНИВХЦ, многолетние фондовые данные ФГБУ УВРЦВ, Института Гидропроект, ФГУП РосНИИВХа, института Южгипроводхоз, ВО «Союзводпроект», ФГБУ РосИНИВХЦ и ряда других организаций, использованы многочисленные литературные источники.

В период полевых исследований использовались стандартные методы, применяемые в геоморфологии, геологии, выполнялось наземное фотографирование и фотосъемка с помощью БЛА. Произведена обработка материалов экспедиционных исследований, построены ортофотопланы, цифровые модели местности, на основе материалов была создана база данных в виде электронных таблиц, ГИС-карт, видео и фотоматериалов с БЛА.

В процессе работы над диссертацией на основе съемок с БЛА, проводимых с 2017 по 2021 гг., была уточнена и существенно дополнена существующая Схема типов берегов, разработанная институтом Южгипроводхоз (1982 г.), и оценена скорость абразионных процессов. Автором выполнена оценка эрозионной расчлененность ВЗ и определена антропогенная нагрузка и антропогенное давление на основе статистических и фондовых материалов. Комплексный характер исследований определил необходимость применения методов, используемых в геоэкологии, геоморфологии морских берегов (экспедиционные, картографические, экспериментальные,

расчетные), статистические методы обработки информации, сравнительно-географический и балльных оценок, ГИС-технологии и методы дистанционного зондирования Земли.

Апробация работы и публикации.

По теме научного исследования опубликовано 8 печатных работ, из них четыре опубликованы в ведущих рецензированных изданиях: «Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион» (две работы); «Известия Дагестанского государственного педагогического университета» (одна работа); «Наука Юга России» (Т.18 №1, 2022) (одна работа).

Основные положения и результаты исследований докладывались на:

- 1) конференции «Системный подход к рациональному природопользованию регионов России», 10-13 декабря 2019 года, филиал ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» (г. Туапсе, Краснодарский край);
- 2) конференции «Водохранилища Российской Федерации: Современные экологические проблемы, состояния, управление», 23-29 сентября 2019 года (г. Сочи);
- 3) международной конференции «Закономерности формирования и воздействия опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов (Опасные явления II)», 6-10 июля 2020 года (г. Ростов-на Дону);
- 4) Всероссийской конференции с международным участием «XXIX Береговая конференция: натурные и теоретические исследования – в практику берегопользования», 18-24 апреля 2022 года (г. Калининград).

Основные защищаемые положения:

1. «Уточненная Схема» типов берегов Цимлянского Водохранилища, дополнена классификация берегов водохранилища с уточнением границы типов и подтипов на всем протяжении береговой линии, с применением съемок с беспилотных летательных аппаратов.

2. Методика оценки эрозионной расчлененности водоохранной зоны Цимлянского водохранилища и ранжирование водоохранной зоны по комплексу показателей на основе съемок с БЛА и ГИС.

3. В пределах исследованной ВЗ Цимлянского водохранилища наибольшую долю занимают территории с низким проявлением антропогенной нагрузки 75,3 %, на среднюю приходится 19,2 %, на высокую – 5,6 %.

4. Геоэкологическая оценка и ранжирование территории ВЗ по комплексу показателей: интенсивность проявления опасных береговых процессов, эрозионной расчлененности, антропогенной нагрузки и антропогенного давления. Так, на долю с высоким проявлением природно-антропогенных процессов приходится 13 % исследованной водоохранной зоны, средним – 32 %, низким – 55 %.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 191 страницу. Текст сопровождается 96 рисунками и 35 таблицами. Список исследованной литературы включает в себя 102 наименования.

Благодарности. Автор искренне благодарен директору ФГБУ РосИНВХЦ Косолапову А.Е. за предоставленную возможность работы над диссертацией. Автор выражает глубокую признательность за помощь в работе, ценные советы и рекомендации своему научному руководителю Беспаловой Л.А. и заведующему отделом НИР и ОКР по восстановлению и охране водных объектов ФГБУ РосИНВХЦ Скрипке Г.И. Считаю своим долгом выразить благодарность и признательность Цыганковой А.Е., Ивлиевой О.В., Сапрыгину В.В., которые оказывали помощь на различных этапах подготовки диссертации.

1. Глава. Физико-географические условия Цимлянского водохранилища и водоохранной зоны.

1.1 Географическое положение.

Цимлянское водохранилище располагается на территории Ростовской и Волгоградской областей в нижнем течении р. Дон - между устьем р. Иловля на севере и г. Цимлянск на юге (в пределах 47°33'-49°10' с.ш. и 42°07'- 44°03' в.д.).

Цимлянское водохранилище — образовано созданием плотины у современного города Цимлянска в 1952 году (Строительство началось в 1948 году). Полное заполнение водохранилища произошло в 1953 году. После создания водохранилища годовой сток Дона уменьшился с 29 до 18 кубических километров (рис. 1.1). Подпор от Цимлянской плотины распространяется вверх по течению на 360 км, примерно до устья реки Иловли. Полный объём водохранилища равен 23,8 км³, из которых 11,5 км³ составляют полезный объём; площадь зеркала 2702 км². Наибольшая ширина водохранилища 38 км, наибольшая глубина 30 м, средняя глубина водохранилища 8,8 м (Ресурсы поверхностных вод СССР).



Рис.1.1. Схема административного деления Цимлянского водохранилища.

В район исследования входят десять муниципальных районов, из которых три относятся к Ростовской области – Цимлянский, Дубовский, Волгодонский, и семь – к Волгоградской области: Котельниковский, Чернышковский, Суровикинский, Октябрьский, Калачевский, Городищенский, Иловлинский.

На территории прибрежной зоны Цимлянского водохранилища находятся следующие населённые пункты (таб. 1.1).

Таблица 1.1. – Полный перечень населённых пунктов, находящихся в прибрежной зоне Цимлянского водохранилища.

№	Название района	Населённые пункты
	<i>Ростовская область</i>	
1	Цимлянский	ст. Новоцимлянская, х. Богатырев, ст. Калининская, пос. Саркел, Цимлянское городское поселение, ст. Хорошевская, х. Крутой х. Карнауховский, ст. Терновская
2	Дубовский	Малолученское сельское поселение, х. Кривский, ст. Жуковская, х. Овчинников, х. Харсеев
3	Волгодонский	г. Волгодонск
	<i>Волгоградская область</i>	
4	Котельниковский	ст. Пугачёвская, п. Приморский, Красноярское сельское поселение, х. Нижнеяблочный, х. Весёлый, х. Майоровский, х. Похлебин, ст. Нагавская
5	Чернышковский	х. Нижнегнутов, х. Попов, х. Водяновский
6	Суровикинский	ст.Суворова, Нижний чир, х. Ближнеподгорский, х. Свиридовский, х. Ближнеосиновский, х. Новомаксимовский, х. Рычковский
7	Октябрьский	х. Новоаксайский, х. Новоромашкин, х. Ильмень-Суворова, х. Верхнерубёжный
8	Калачевский	х. Первомайский, х. Логовский, п.Донской, х. Ляпичев, х.Приморский, х. Колпачки, п. Пятиморск, х. Камыши, Калачевское городское поселение, х. Большенабатовский, х. Малолюбинский, ст. Голубинская, х.Кумовка, х. Пятиизбянский, х. Морской

№	Название района	Населённые пункты
9	Городищенский	х. Песковатки, х. Вертячий, х. Донской, х. Панышино
10	Иловлинский	п. Краснодонский, ст. Качалинская, х. Нижнегерасимовский

Берега Цимлянского водохранилища подвержены прямым и косвенным воздействиям. Прямое воздействие выражено волноприбойной деятельностью водных масс, затоплением или осушением, накоплением отложений и разрушением почвенно - растительного комплекса на суше. К косвенным относятся процессы, связанные с подтоплением земель, подпором водоносных горизонтов подземных вод, а также изменения климатических параметров. (Новикова Н.М., Волкова Н.А., и др. 2014).

Общая площадь водосбора составляет 248800 км² при площади 2700 км², и наибольшей глубине в 35 м при нормальном подпорном уровне (НПУ) 36,0 м (таб. 1.2).

Таблица 1.2. – Основные морфометрические характеристики Цимлянского водохранилища при НПУ 36,0м (по Максимович Н. Г., Пьянков С. В. 2012).

Параметры	Единица измерения	Данные
Общая площадь водосбора	кв. км	248800
Площадь района воздействия на наземные экосистемы	кв. км	4953
Общая площадь водного зеркала	кв. км	27,02
Объем полный при НПУ	куб.км	23,86
Объем сливной призмы	куб.км	11,54
Ширина при НПУ, средняя	км	10,4
наибольшая	км	38,0
Длина береговой линии	км	991
в т.ч. без учета заливов	км	660
Средняя глубина при НПУ	м	8,8
Наибольшая глубина	м	35,0
Протяженность	км	250

Цимлянское водохранилище мы можем отнести к числу крупнейших искусственных водоёмов России.

Нижний Дон (включая Цимлянское водохранилище) входит в единую глубоководную систему ЕТС. После создания ВДСК р. Дон приобрела статус важной воднотранспортной магистрали федерального значения. Стали осуществляются перевозки между портами Азовского моря, Центрального и Северо-Западного бассейнов (Атлас Ростовской области. 2004).

1.2 Особенности геологии, тектоники и рельефа.

Бассейн Цимлянского водохранилища расположен в пределах южной внеледниковой половины Восточно-Европейской (Русской) равнины, и имеет структуру полой увалистой местности с отметками высот от 0 (урез воды в Таганрогском залив) до 298 м (Донецкий кряж) (Беспалова Л.А., Кропянко Л.В. 2009).

Тектонические процессы, продолжающие свое воздействие и в неогеновое, и в четвертичное время, оказали большое влияние на развитие современных форм рельефа и гидрографической сети. Современный тектонический этап проявляется на Русской платформе в виде медленных поднятий и опусканий на тех или иных площадях, которые устанавливаются точными геофизическими методами. Скорости этих поднятий и опусканий разные, но в среднем они достигают 0.5-1.0 см в год.

В пределах исследуемого водохранилища и примыкающих к нему территорий отчетливо выделяются участки повышения и понижения рельефа - возвышенная Северо-Приазовская равнина и низменная Доно-Егорлыкская равнина с абсолютными высотами менее 100 м (рис. 1.2).



Рис. 1.2 Тектоническое строение территории, прилегающей к Цимлянскому водохранилищу (по Погребнов Н.И., Потапов И.И. 1962).

В геологическом строении описываемой территории принимают участие девонские, каменноугольные, пермские, триасовые, меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения. На дневную поверхность выходят породы, начиная с сантонского яруса верхнего мела (Беспалова Л.А., Кропянко Л.В. 2009), (Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. и др. 2010).

В настоящем разделе дана краткая характеристика только отложений верхней части стратиграфического разреза (от сантонского яруса и выше), расположенных гипсометрически выше дна водохранилища и как следствие способных оказать влияние на развитие и результаты экзогенных процессов на его побережье.

Меловая система

Верхнемеловые отложения рассматриваемой части разреза представлены сантонскими, кампанскими, маастрихтскими и датскими отложениями, слагают правый берег р. Дон, берега рек Лиска и Чир.

Сантонский ярус (K_{2st}). На описываемой территории сантонские отложения развиты повсеместно. Отложения сантона, представленные карбонатными (мергели), терригенными (пески, песчаники, глины) и кремнистыми породами (кремнистые мергели, опоки) изменчивы по литологическому составу, - как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Мощность отложений изменяется от 10 до 80 м.

На поверхность сантонские осадки выходят на правом берегу р. Дон – от северной границы до г. Калач-на-Дону. На всём протяжении они слагают крутой берег р. Дон и вскрываются в крутых его обрывах или же по берегам балок и оврагов.

Кампанский ярус (K_2cp). Породы кампанского яруса слагают крутые обрывы правого берега Цимлянского водохранилища ниже г. Калач-на-Дону, водораздельные пространства между балками и оврагами, образуя как бы останцы древней эрозионной поверхности. Представлены они переслаивающимися между собой аргиллитами, мергелями, алевролитами, глинами, песчаниками и песками. Мощность пород кампанского яруса изменяется от 11 до 58 м.

Палеогеновая система

Олигоцен (f_3). Олигоцен представлен отложениями *харьковской свиты* (f_3hr), отмечаемой на побережье водохранилища в районе г. Цимлянска. На отметках 28 – 41 м распространены алевролиты, на которых слоем 1 - 2 м залегают средне - и крупнозернистые кварцевые пески. Последние перекрываются мелкозернистыми песками полтавской свиты.

Неогеновая система

Неогеновая система имеет: сарматские яруса верхнего миоцена, понтические яруса нижнего плиоцена, ергенинские среднего плиоцена, нагавские и кривские слои верхнего плиоцена, а также скифские глины.

Сарматский ярус N^3s . Отложения сарматского яруса развиты в пределах Доно-Кумшацкого водораздела, где обнажаются в пределах берегового обрыва Цимлянского водохранилища. На левобережье они вскрыты у х. Красноярский и обнажаются на поверхности правого склона б. Сухо-Солёновская. Мощность сарматских отложений колеблется от 6 до 33 м.

Понтический ярус N_2^1p . Отложения понтического яруса нижнего плиоцена распространены в пределах Доно-Кумшацкого водораздела, а на левобережье р. Дон отмечены лишь южнее ст. Солёновская. Общая мощность понтических отложений колеблется от 4 до 15 м.

Ергенинские отложения (N_2e) имеют сложное распространение на левобережье Цимлянского водохранилища. Выходы ергенинских пород наблюдаются по правобережью рек Аксай Есауловский, Мышкова, Ерик, Донская Царица, б. Яблочная. Представлены они кварцевыми песками с незначительными прослоями глин. Мощность их изменяется от нескольких метров до 70 м.

Скифские глины (N_2s) широко распространены на левобережье р. Дон. Здесь они прослеживаются как на водоразделах, так и на их склонах, а также в верховьях балок. В разрезе скифских глин наблюдается чередование красно-бурых и зеленовато-серых разностей, с преобладанием последних. Общая их мощность изменяется от нескольких метров до 65.0 м.

Четвертичная система

Подразделяются на две группы: субэральные, образующие покровы междуречий и субаквальные, приуроченные к долинам рек и балок.

Среднечетвертичные аллювиальные, аллювиально-перигляциальные отложения третьей надпойменной террасы р. Дон (а; arglQ₂) прослеживаются как в естественных обнажениях, так и по скважинам. Нижняя часть сложена кварцевыми песками с подчинёнными прослоями глин. Верхняя часть разреза представлена суглинками. К востоку от р. Цимла аллювиально-перигляциальные отложения представлены песками. Общая толща аллювиальных, аллювиально-перигляциальных отложений составляет 10-58 м.

Верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы р. Дон (аQ₃¹) развиты по её левобережью. Представлены эти отложения разномерными кварцевыми песками с прослоями и линзами жёлто-бурых суглинков и глин. Часто пески содержат гравий и гальку песчаника. Мощность отложений изменяется от 10-12 до 30-44 м.

Верхнечетвертичные аллювиальные отложения первой надпойменной террасы р. Дон развиты на левом склоне долин рек Дон, Чир, Донская Царица, Мышкова. Нижняя часть аллювия обычно сложена разномерными кварцевыми песками с тонкими линзами глин и суглинков, верхняя – опесчаненными суглинками. Мощность отложений изменяется от 15-18 до 30-41 м.

Современные аллювиальные отложения долины р. Дон (аQ₄) слагают пойменную террасу р. Дон. Пойменный аллювий состоит преимущественно из кварцевых разномерных илистых песков, нередко с линзами песчаных глин, супесей, гальки и гравия.

1.2.1 Инженерно-геологическое районирование берегов водохранилища.

Инженерно-геологическое районирование было выполнено в рамках Схемы Южгипроводхоза (1982 г.) - по макету Укргипроводхоза с учётом «Методических указаний по производству стационарных наблюдений за переработкой берегов равнинных водохранилищ, - Киев, 1982» (Геология СССР. Том XLVI. 1970)

Наиболее крупной единицей районирования является область (рис. 1.3, таб. 1.3). Она соответствует конкретному морфогенетическому типу территории первого порядка, представляющего собой единый в генетическом плане, но разновозрастный в отдельных своих частях тип рельефа. Обозначается заглавной буквой русского алфавита.


В пределах области выделены районы (морфогенетические типы второго порядка), имеющие единую геолого-генетическую основу. Обозначаются римскими цифрами.

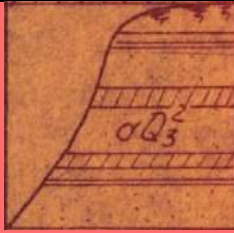
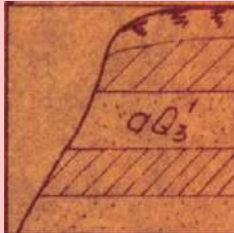
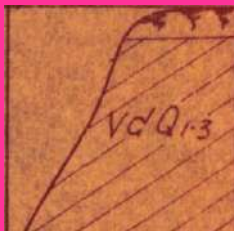
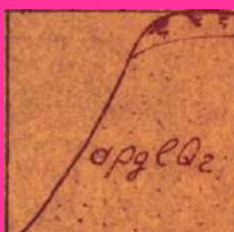
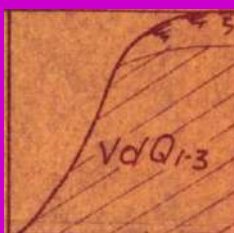
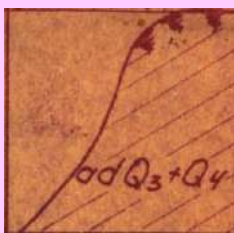
В тех случаях, когда зона волноприбоя или переформирования берегов сложена различными литологическими разновидностями, районы дифференцируются на подрайоны, которые обозначаются арабскими цифрами.

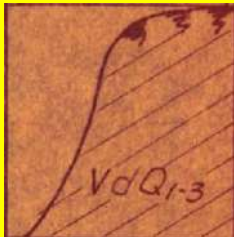

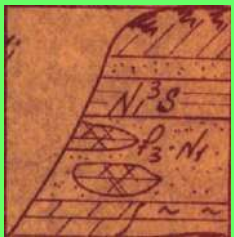
На основании вышеизложенного, в пределах берегов Цимлянского водохранилища выделены следующие области: долина р. Дон, Ергенинская возвышенность, Доно-Донецкая возвышенность, Восточно-Донская гряда.

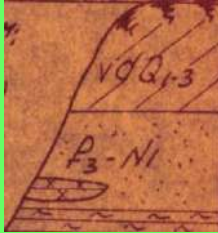

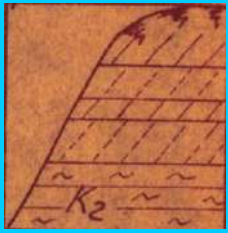
Инженерно-геологическое районирование берегов Цимлянского водохранилища приведено в таблице 1.3.


Таблица 1.3 - Инженерно-геологическое районирование берегов Цимлянского водохранилища (по Геология СССР. Том XLVI. 1970).

Область	Район	Подрайон
1	2	3
А – долина р. Дон	А-I. Пойма р. Дон. Прослеживается по левому берегу. На правом – присутствует только местами. Отдельные участки при сработке уровня воды выходят на дневную поверхность. Пологие склоны в основном задернованы, часто осложнены боковой эрозией, где крутизна склонов составляет 70-80°. Встречаются прирусловые валы. Высота берегов (в зависимости от колебания уровня воды) – 0-1.5 м. Ширина пляжа – 20-30 м.	А-I-1. Песок с прослойками глин. 
		А-I-2. Суглинки, подстилаемые на глубине 1-2 м песками 
	А-II. Первая пойменная терраса и пойма р. Дон без подразделения. Выделяется небольшим участком на правобережье. Поверхность почти ровная. Склоны пологие. Высота берега над урезом воды до 2.0 м. Характерны абразионно-аккумулятивные процессы.	А-II-1. Переслаивание песков и суглинков 
	А-III. Первая надпойменная терраса р. Дон. Развита в основном на левобережье. Плоская поверхность расчленена устьевыми частями балок и оврагов. Местами осложнена бугристыми песками, которые отчасти	А-III-1. Пески с подчинёнными прослоями глин и суглинков

Область	Район	Подрайон
1	2	3
	задернованы травянистой растительностью. Высота берегов над урезом воды - до 2.0 м. Свойственно сочетание абразионных и аккумулятивных процессов.	
	А-IV. Вторая надпойменная терраса р. Дон. Выходы террасы к водохранилищу имеют незначительное распространение. Бровка почти не выделяется. Свойственны абразионные процессы.	А-IV-1. Суглинки 
	А-V. Третья надпойменная терраса р. Дон. Выделяется на правобережье. Поверхность неровная, осложнена наложенными эоловыми формами (буграми и западинами) – восточнее р. Цимла и эрозионными формами рельефа (балками, оврагами, лощинами) – в других местах. К востоку от р. Цимла она плавно сочленяется с пляжем, на остальной части берега переходит в обрыв высотой 3-13 м.	А-V-1. Суглинки 
		А-V-2. Пески 
	А-VI. Четвёртая надпойменная терраса р. Дон. Выделяется на левом берегу у створа Цимлянской ГЭС. Поверхность ровная. Бровка подмыта. Берег подвержен абразионным процессам. Встречаются волноприбойные ниши.	А-VI-1. Лёссовидные суглинки 
	А-VII. Пойменная и первая надпойменная террасы малых рек и балок. Приурочивается к устьевым частям малых рек и балок, впадающих в водохранилище. Поверхность террас слабо наклонена к руслу. Хорошо	А-VII-1. Суглинки 

Область	Район	Подрайон
1	2	3
	выражены береговой уступ и бровка. Высота уступа 0.5-1.0 м и более.	
Б - Ергенинская возвышенность	Б-І. Водораздельный склон. Приурочивается к левобережью. Берег извилистый. Для него характерны крутые либо отвесные склоны высотой от 0.3-1.6 до 12-25 м. Подвержен интенсивной переработке. Формы этой переработки представлены обвалами, осыпями, нишами вымывания, абразионными площадками. Ширина пляжа изменяется от 3 до 10 м. В переформировании берегов ведущее место принадлежит абразионным, абразионно-обвальным и абразионно-оползневым процессам.	<p>Б-І-1. Лёссовидные суглинки.</p>  <p>Б-І-2. Лёссовидные суглинки – 2-18 м; скифские глины 4-18 м; нагавские глины - > 2 м</p> 
В – Доно- Донецкая возвышенность	В-І. Водораздельный склон. Распространён на правобережье. Берег крутой, обрывистый. Его высота – от 3-5 до 20-35 м. Деформируется по типу абразионных, абразионно-оползневых и абразионно-обвальных процессов. Разнообразие форм переработки представлено: крупными глыбами (в основании абразионных уступов и под водой), оползнями-сплывами и оползнями-блоками, осыпями, волноприбойными нишами. Вдоль береговой бровки нередко отмечаются трещины. Характерно пластовое просачивание грунтовых вод. Выделяющиеся пляжи имеют ширину от 2 до 5 м.	<p>В-І-1. Лёссовидные суглинки – 1-3 м; песок (понт) – до 2 м; глины (сармат) – 4-5 м; мелкозернистые пески с линзами песчаников (полтава, харьков) – 14-20 м; алевролиты, мергели - > 3 м.</p> 

Область	Район	Подрайон
1	2	3
		<p>В-І-2. Лёссовидные суглинки – 4-7 м; мелкозернистые пески с линзами песчаников (полтава, харьков) – 10-15 м; алевролиты (харьков) - > 3 м.</p> 
		<p>В-І-3. Суглинки – 2-4 м; суглинки и супеси с прослоями известковистых глин и включениями глыб алевролита – 6-8 м.</p> 
Г – Восточно-Донская гряда.	Г-І. Правобережные склоны. Высота берегов – 5-10 м. Склоны берегов крутые, часто изрезаны оврагами. Отмечается их облесённость. В ряде мест выработалась абразионная терраса шириной 1-2 м. Интенсивность процессов переформирования берегов незначительная.	<p>Г-І-1. Суглинки, супеси – 10-12 м; алевролиты (верхний мел) - > 2 м.</p> 

Область	Район	Подрайон
1	2	3
		<p>Г -I-2. Суглинки – 2-4 м; алевролиты, песчаники (верхний мел) - > 4 м.</p> 

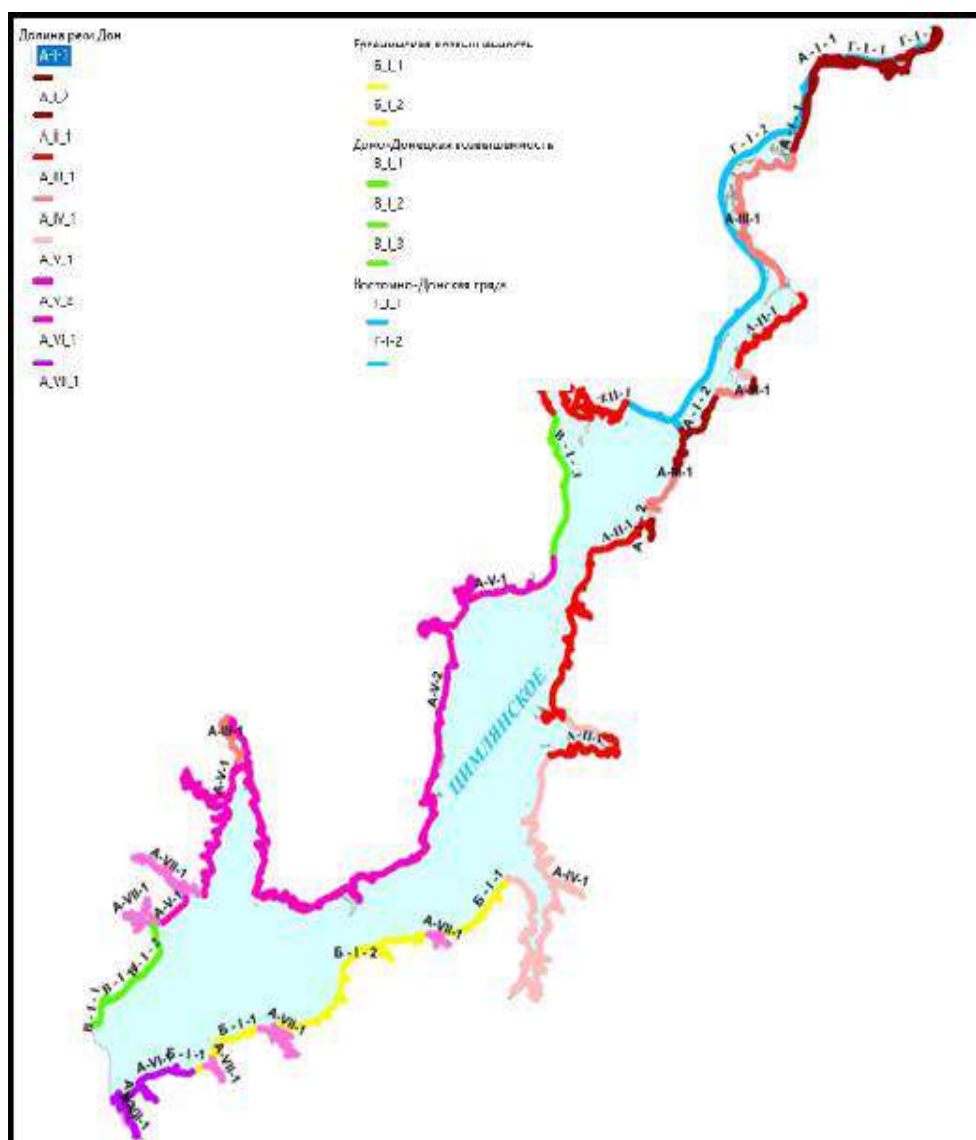


Рисунок 1.3- Инженерно-геологическое районирование берегов Цимлянского водохранилища (по Геология СССР. Том XLVI. 1970).

1.2.2 Особенности формирования рельефа.

В формировании рельефа описываемой территории значительная роль принадлежит современным физико-географическим процессам и явлениям, основными из которых являются:

- эоловые процессы;
- оползневые процессы;
- абразионные процессы;
- эрозионные процессы;
- просадочные явления;
- аккумулятивные процессы;
- заболачивание.

Эоловые процессы заключаются в дефляции и наблюдаются, главным образом, на поверхности левобережной первой и правобережной третьей и первой надпойменных террас, где располагаются крупные массивы незакрепленных песков. Рельеф эоловых песков очень неровный, бугристый или бугристо-грядовой с множеством котловин выдувания, лишённых растительности. Пески пылеватые, мелкозернистые, мощность их не превышает нескольких метров.

На правобережье эоловые проявления приурочиваются в основном к участку от устья р. Цимла до х. Попов (Цимлянские пески), на левобережье - к участкам от г. Калач-на-Дону до хвостовой части водохранилища (Гидрогеология СССР. Том XXVIII. 1970; Новикова Н.М., Назаренко О.Г. 2014) (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Цимлянские пески.

Оползневые формы рельефа приурочены в основном к береговому обрыву Цимлянского водохранилища. Встречаются также в устьевых частях балок и оврагов. Их образование по берегам

водохранилища связано с подрезанием склонов абразией, а в балках и оврагах – с эрозией (Косолапов А.Е., Дубинина В.Г. и др. 2015).

Распространены на отдельных участках правобережья в районе ст. Нижний Чир и на участке от г. Цимлянск до ст. Хорошевской, где водоупором являются алевролиты, либо глины, по которым происходит скольжение оползневых масс. По левобережью получили развитие от Жуковского убежища до х. Кривский и далее до х. Весёлый.

Создание Цимлянского водохранилища вызвало интенсивное развитие абразионно-аккумулятивных процессов - переработки берегов (Кияшко В.Я. 1994). Направление, размеры и формы проявления процессов переработки определяются сложным комплексом геологических и гидрогеологических условий (Косолапов А.Е., Дубинина В.Г. и др. 2015). Характер переформирования берегов и скорость этого процесса зависит также от высоты склонов, устойчивости пород размыву, от гидрологических условий (волны, течения и т.п.). Эти условия различны у левого и правого берегов водохранилища, а также на отдельных участках в пределах одного берега.

Процессы абразии низких берегов Цимлянского водохранилища заметно ослабились - в связи с образованием достаточно широких аккумулятивных и абразионно-аккумулятивных подводных отмелей (Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. и др. 2010). Это вызвано тем, что при низких уровнях воды подходы к берегам становятся мелководными и волны уже не разрушают защитную отмель, сформировавшуюся во время волновой абразии при более высоких уровнях воды.

Но на высоких обрывистых берегах, особенно на крупных изгибах береговой линии, размеры волновой абразии ярко выражены. Во время весенних паводков абразионные процессы, вызванные волновой деятельностью, активизируются.

Существенному воздействию ветровых волн на правом берегу водохранилища подвержены следующие участки: от г. Цимлянска до ст. Хорошевской и от х. Попов до х. Ближнеподгорский. На левом берегу участки: от плотины Цимлянского гидроузла до х. Весёлый (Лурье П.М., Панов В.Д. и др. 2006) (рис. 1.5).

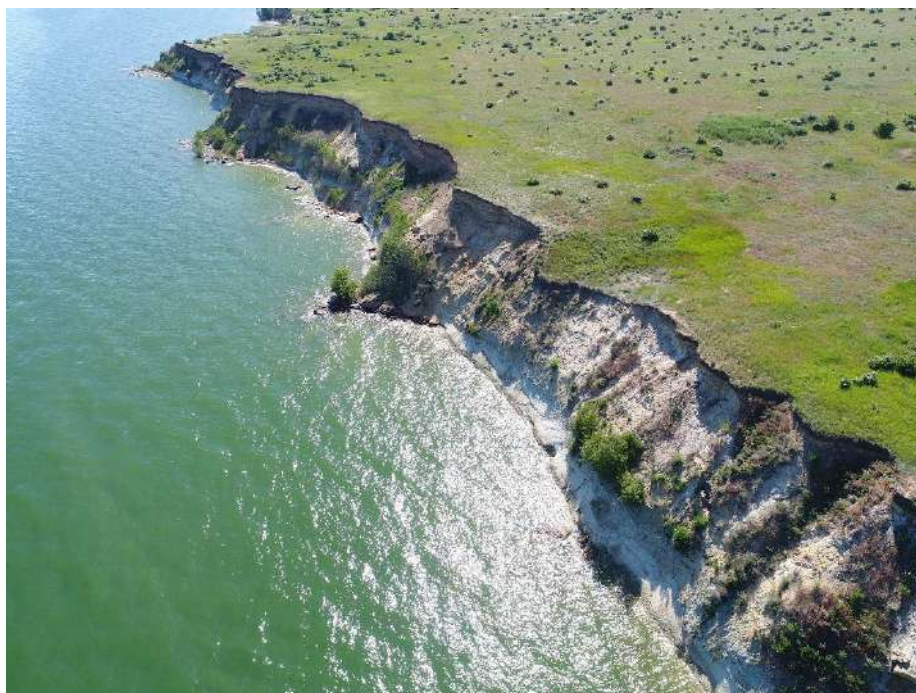


Рисунок 1.5 - Берега между станицей Хорошевской и Терновской балкой.

Эрозионные процессы проявляются в развитии оврагов и балок, а также в подмыве берегов рек, впадающих в водохранилище. После создания водохранилища рост оврагов и балок несколько замедлился (овраги V-образные, глубиной до 25 м). Значительная их концентрация отмечается: на правобережье – в районе ст. Нижний Чир и на участках от с. Пятиизбянский до хвостовой части водохранилища; на левобережье – на участках между х. Кривский и х. Весёлый. Кроме того, на излучинах рек берега подмываются с образованием отвесных обрывов.

Просадочные явления продолжают развиваться в верхней части толщи лёссовидных суглинков и проявляются в виде «степных блюдец» округлой формы диаметром от 40 до 600 м и глубиной 0.5-1.5 м. Интенсивность этих процессов значительно увеличивается при орошении земель.

Просадочные грунты распространены: на правобережье - от г. Цимлянска до ст. Хорошевская, а также от х. Суворовский до хвостовой части водохранилища; на левобережье - от плотины Цимлянского гидроузла до х. Молокановский.

Аккумулятивные процессы проявляются в водохранилищах и прудах, созданных на балках, а также в заливах Цимлянского водохранилища. В них происходит накопление осадочного материала, приносимого талыми и дождевыми водами. На побережье Цимлянского водохранилища при перемещении продуктов размыва вдольбереговыми течениями воды образуются бары, отделяющие заливы от водохранилища (Кропянко Л. В. 2014). Кроме того, при плоскостном смыве после потери потоками воды их энергии, часть материала отлагается у подошвы склона, образуя современный делювий.

В результате создания Цимлянского водохранилища отдельные участки территории в пределах пологих берегов оказались предрасположены процессам заболачивания. Такие участки встречаются на пойменной и первой надпойменной террасах левобережья - от Карповского водохранилища до хвостовой части Цимлянского водохранилища. На их долю приходится порядка 6-8% общей длины береговой линии Цимлянского водохранилища (Кияшко В.Я. 1994).

Из-за периодически стоящего высокого уровня грунтовых вод, обусловленного уровневый режимом водохранилища, в переувлажнённом состоянии находятся и устьевые участки ряда крупных балок (рис.1.6).



Рисунок 1.6 – Процессы заболачивания прибрежных территорий Цимлянского водохранилища.

1.3 Климатические условия.

Цимлянское водохранилище находится в зоне умеренно-континентального климата, характеризующийся недостаточным увлажнением, сухим летом, продолжительной и холодной зимой, на территории встречаются частые засухи.

Температурные условия. Зима неустойчивая, с резкими колебаниями температуры. Морозы (-8; -16°C) сменяются оттепелями (+4; +9°C). выпадают осадки в виде дождей и снега (Панов В.Д, Лурье П.М. и др. 2006). Весна короткая, малооблачная, сухая. Днём температура воздуха положительная (в апреле +7; +11°C), ночью с заморозками до -3 °C.

Лето жаркое, во второй половине засушливое и знойное. Дневные температуры +23 - +30°C. Осадки выпадают преимущественно в первой половине лета в виде непродолжительных ливней, во второй половине лета осадков мало.

Осень теплая, в сентябре – погода ясная и сухая, в октябре - прохладная и пасмурная, в ноябре - часты морозящие дождями. Дневные температуры положительные, ночью заморозки до -3 – -5°C.

Испарение с водной поверхности. Средняя величина испарения с водной поверхности составляет 880 мм/год, максимально 1002 мм/год. Самое большое испарение наблюдается в вегетационный период - с июня по август (от 400 до 560 мм). Испарение за эти месяцы превышает осадки в 2.5-4.0 раза.

Осадки. Цимлянское водохранилище оказывает влияние на распределение осадков по его берегам. На восточном берегу выпадает 350 мм в год, на западном – 400 мм в среднем, в отдельные годы до 435 мм. Преобладающие восточные ветры способствуют такому смещению влагоносных облаков.

В тёплое время года осадков выпадает в 1.5-2.0 раза больше, чем в холодное время. Среднегодовое количество осадков в районе расположения водохранилища составляет 350 – 450 мм/год (при средней величине испарении с водной поверхности 880 мм/год).

В результате создания водохранилища над его акваторией и прибрежной территорией формируется свой микроклимат.

Снежный покров. В северной части бассейна снежный покров появляется в первой декаде ноября. Разрушение устойчивого снежного покрова начинается на севере - в первой декаде апреля, а на основной территории - во 2-й половине марта.

К концу марта почти на всей территории бассейна снег сходит, и только на севере он исчезает в первой декаде апреля. Средняя из наибольших высота снежного покрова составляет 47 см. Средний из наибольших за зиму запасов воды в снежном покрове изменяется от 110 мм до 50 мм.

Влажность воздуха. Абсолютная влажность на территории бассейна р. Дон по многолетним данным уменьшается с юго-запада на северо-восток.

Наибольших значений абсолютная влажность достигает в июле (15.5-15.0 Мб), наименьших - в январе (3.8-3.2 Мб). (Панов В. Д., Лурье П.М. и др. 2006).

Водоохранилище и его прибрежная полоса расположены в очень засушливой степной и полупустынной зонах с континентальным климатом и присущими ему частыми засухами, и суховеями.

Ветер. Ветровой режим водохранилища обуславливается циркуляционными процессами: осенью, зимой и ранней весной скорости ветра выше, чем в остальное время года. В это время происходит наиболее интенсивная переработка берегов водохранилища.

Среднегодовая скорость ветра на западе бассейна – 5.0÷5.5 м/с, в восточной части – до 4.0 м/с; максимальная по метеостанции Цимлянск - 28 м/с.

Выпадающие летом ливневые дожди иногда сопровождаются шквалистым ветром и градом, которые возникают при прохождении атмосферных фронтов.

Осень характеризуется усилением скорости ветра, увеличением облачности и туманности. В этот период на водохранилище наблюдаются штормы, продолжительность которых достигает 4-х суток и более.

На участке от убежища Кривское до порта г. Волгодонск преобладают ветры северо-восточного, восточного направлений, на центральном участке - восточного и юго-восточного направлений. Сильные ветра чаще всего имеют восточное либо западное направление.

1.4 Орогидрография бассейна Цимлянского водохранилища.

Морфометрические характеристики водохранилища. По морфометрическим характеристикам (глубина, ширина, строение береговой линии) водохранилище делится на четыре участка в соответствии с рисунком 1.7 (Панов В. Д., Лурье П.М. и др. 2006).

- Калачевский участок - от устья р. Иловля до х. Логовский;
- Чирский участок - от х. Логовский до х. Ильмень-Суворовский;
- Центральный участок - между сужениями у х. Ильмень-Суворовский и х. Кривский;
- Приплотинный участок - от х. Кривского до плотины.

Верхний участок относится к русловой, а три нижних – к озеровидной части водохранилища.

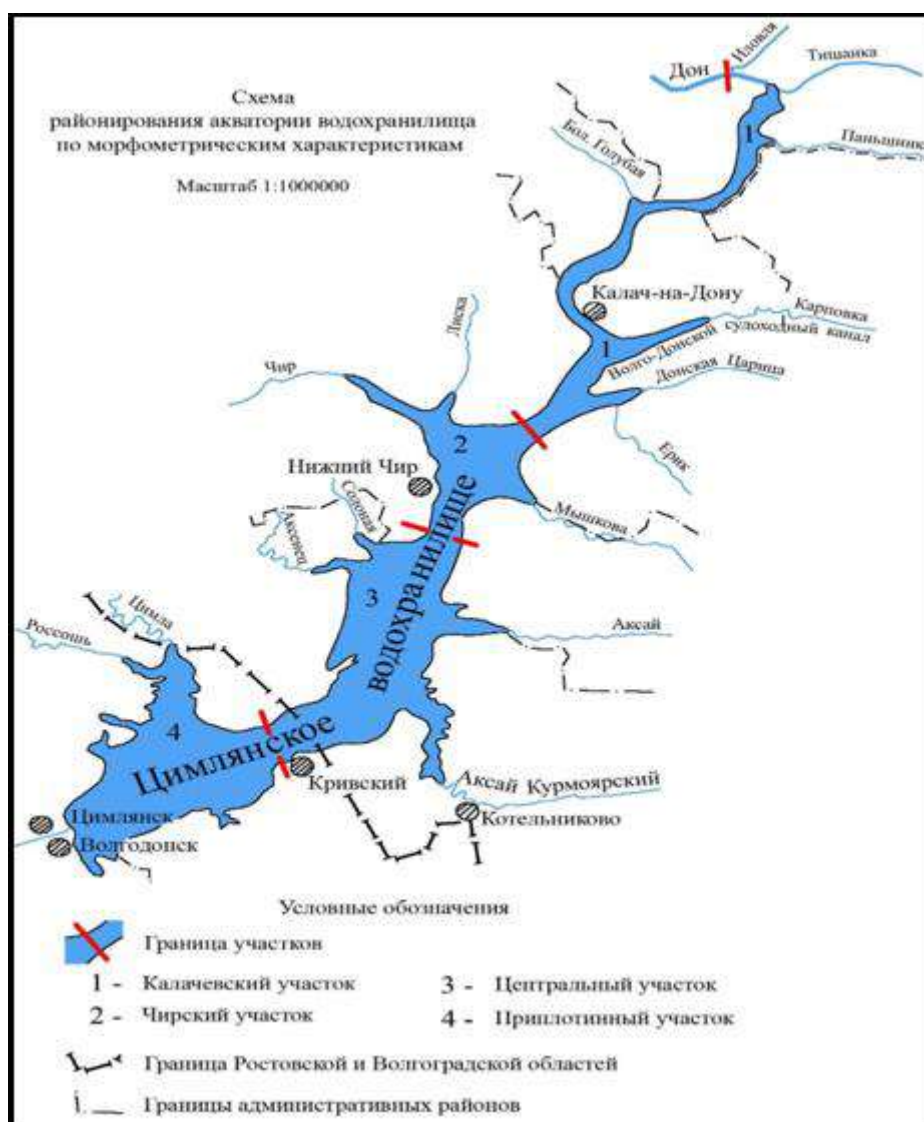


Рисунок 1.7. - Районирование водохранилища по морфологическим характеристикам (Панов В. Д., Лурье П.М. и др. 2006).

Орографическое районирование. Наиболее крупными орографическими элементами территории, прилегающей к Цимлянскому водохранилищу, являются Доно-Донецкая возвышенная равнина, Восточно-Донская гряда, Ергенинская и Приволжская возвышенности, долины Среднего и Нижнего Дона в соответствии с рисунком 1.8.

Доно-Донецкая возвышенная равнина на севере, востоке и юге ограничена долиной р. Дон, а к западу выходит за её пределы. Равнина представляет собой широкое волнистое плато, которое постепенно понижается к югу, к долине р. Дон. Поверхность её расчленена многочисленными речными долинами, балками и оврагами.

Максимальные высотные отметки на севере достигают 200-240 м, а к югу уменьшаются до 100 м. На северной оконечности Доно-Донецкой возвышенной равнины расположено восточное окончание Восточно-Донской гряды - отрогов Средне-Русской возвышенности. Гряда вытянута в

широтном направлении с общим уклоном поверхности к югу и юго-востоку. Общая равнинная поверхность гряды расчленена неглубокими долинами рек.

Долина Среднего Дона расположена на участке территории: г. Калач-на-Дону – устья р. Иловля. На значительном протяжении долина имеет асимметричное строение. Правый берег крутой – вследствие подмыва руслом р. Дон высоких склонов Доно-Донецкой возвышенной равнины. Левый берег выположен – вследствие наличия здесь серии надпойменных террас. Долина Среднего Дона расположена на высотных отметках, равных 44-114 м.

Долина Нижнего Дона расположена на участке: г. Калач-на-Дону – г. Цимлянск. В рельефе здесь выражены 3 надпойменные террасы и пойма.

Ергенинская возвышенность (Ергени) находится на юго-востоке описываемой территории и представляет собой равнинное водораздельное пространство, расположенное между долинами рек Дон и Маныч. На севере (примерно вдоль Волго-Донского канала) она сливается с южным окончанием Приволжской возвышенности, представляющей собой волнистую равнину, расчленённую реками и балками.

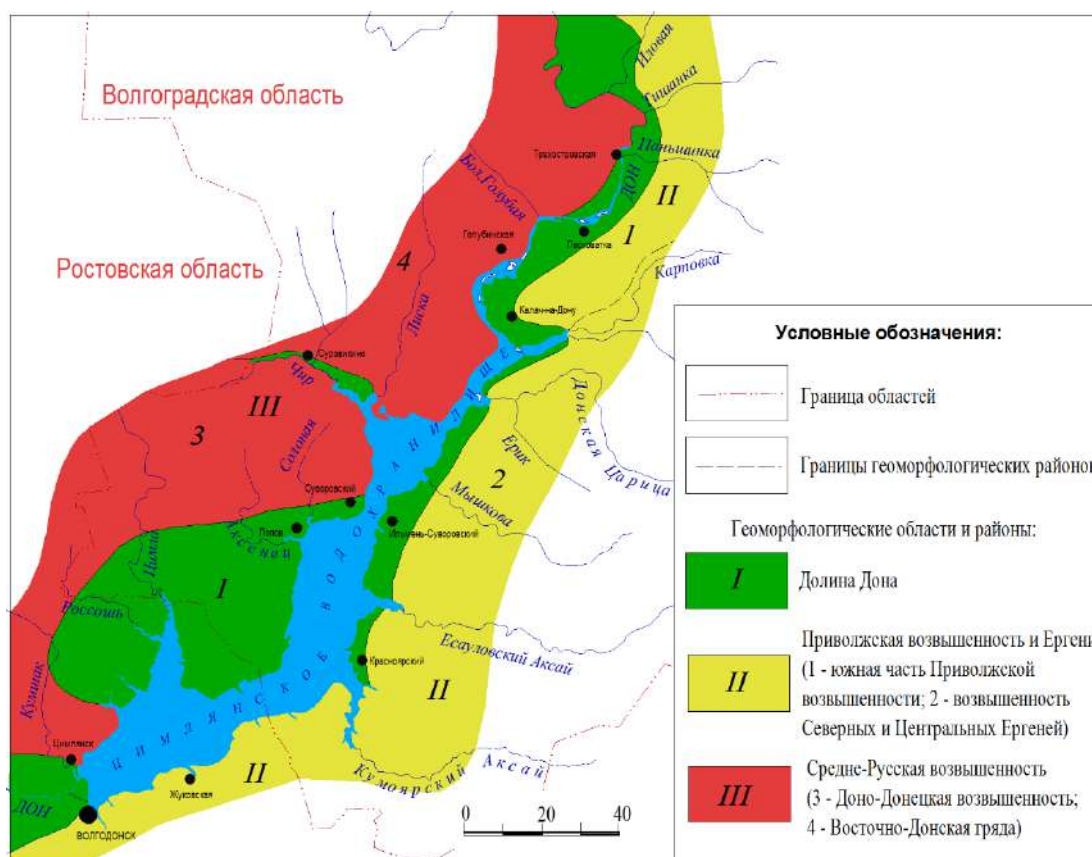


Рис.1.8. Геоморфология схема территории, прилегающей к Цимлянскому водохранилищу (по Геология СССР 1970 г.).

Геоморфологическое районирование территории. Согласно схеме геоморфологического районирования Волго-Донских равнин, на рассматриваемой территории выделяются следующие области: Средне-Русская и Приволжская возвышенности, Ергени и долина Дона (Геология СССР 1970).

1.5 Гидрографическая сеть.

Общая площадь водосбора Цимлянского водохранилища к створу Цимлянского гидроузла составляет 255 тыс. км² или 60% отводосборной площади бассейна р. Дон. Полный объем водохранилища при НПУ 36.0 м БС - 23.86 км³, площадь зеркала - 2702 км² (Ресурсы поверхностных вод СССР. 1970).

Разнообразный литологический состав пород обусловил сложное строение склонов водохранилища.

Реки, впадающие в водохранилище, имеют сложный характер, их профиль зависит от литологического состава пород. На участках выхода твёрдых пород (песчаники, мергели) отмечается увеличение крутизны вплоть до образования уступов. Рыхлые породы (пески, песчанистые глины) способствуют выхолаживанию склонов и образованию выпуклого профиля.

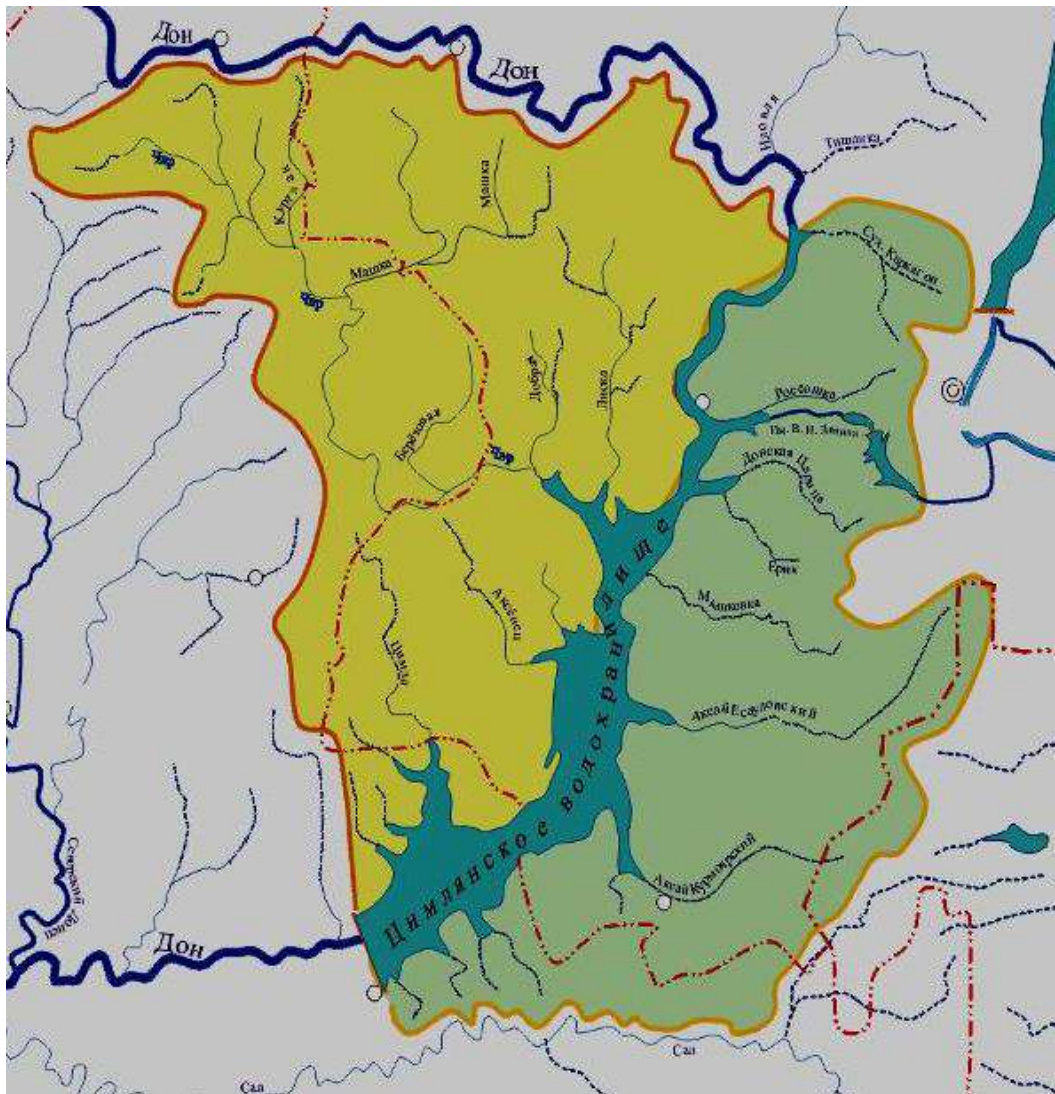


Рисунок 1.9. - Гидрографическая сеть бассейна Цимлянского водохранилища (Ресурсы поверхностных вод СССР. 1970).

1.6 Гидрологические условия.

Температурный режим воды в водохранилище. В июле месяце температура воды на поверхностном слое имеет наибольшее значение, в среднем 21.5-26.6 °С. В глубине летом она понижается в среднем до 15.0 °С (на глубине 16 м), а зимой повышается до 2 - 3 °С на этой же глубине. Весной и осенью температура воды выравнивается по глубине. Переход температуры через 0.2 °С наступает весной в среднем 22.III, осенью – 15.XII; через 10 °С, соответственно, 03.V и 20.X. По длине водохранилища поверхностная температура воды одинакова лишь летом (в VII-VIII месяцах); весной она понижается, а осенью повышается в направлении плотины на 6-8 °С, соответственно, в мае и в октябре (Ресурсы поверхностных вод СССР. 1970).

Волновой режим. Волнения на водохранилище значительные. При скорости ветра 5 м/с высота волн на глубоком приплотинном участке достигает 65 см, при скорости ветра 10 м/с – 1.0-1.4 м. Максимальная высота волн на приплотинном участке, по наблюдениям у г. Цимлянска, достигала 3.5 м.

В таблице 1.4 приведены данные наблюдений о высоте ветровых волн по основному судовому ходу.

Таблица 1.4 - Высота ветровых волн по основному судовому ходу в Цимлянском водохранилище (Ресурсы поверхностных вод СССР 1970; Гидрометеорологический режим озёр и водохранилищ СССР. Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища. 1977).

Километраж по судовому ходу	Высота волны в зависимости от скорости и направления ветра, м											
	10 м/с				15 м/с				20 м/с			
	С	В	Ю	З	С	В	Ю	З	С	В	Ю	З
2715	0.6	0.5	0.7	0.8	1.1	0.7	1.0	1.1	1.5	1.0	1.5	1.5
2740	0.9	1.1	0.8	0.7	1.3	1.3	1.2	1.0	1.6	1.7	1.6	1.3
2755	0.7	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.6
2780	0.9	0.7	1.2	1.2	1.4	1.1	1.6	1.5	1.9	1.6	2.0	1.8
2795	1.0	0.6	0.7	1.2	1.7	0.9	1.0	1.7	2.3	1.2	1.3	2.2
2815	0.9	0.4	0.5	1.0	1.3	0.6	0.7	1.4	1.7	0.9	0.9	1.8
2830	0.8	0.8	0.8	1.2	1.2	1.3	1.2	1.8	1.6	1.8	1.6	2.2
2850	1.0	1.1	0.8	1.0	1.3	1.6	1.2	1.4	1.7	2.1	1.6	1.8
2865	0.7	0.7	0.4	0.3	1.1	1.1	0.7	0.5	1.5	1.5	1.0	0.7

Таким образом, на акватории водохранилища регулярно наблюдаются сильные штормы. Поэтому на Цимлянском водохранилище определены 4 бухты-убежища (Красноярское, Ильмень-Суворовское, Нагавское, Кривское), в которых суда могут укрыться при получении штормового предупреждения. Кроме того, суда могут укрыться в бухтах, расположенных у станций: Жуковская, Калининская, Терновская.

Сгонно-нагонные явления. Уровни воды, вследствие ветрового воздействия, на акватории водохранилища неодинаковые. Так, (12-18). 10.1956 г. был зафиксирован сгонно-нагонный перекося уровня воды в водохранилище равный 1.58 м при максимальной скорости юго-западного ветра 24 м/с. Продолжительность сгонов и нагонов колеблется от нескольких часов до 10 суток (средняя – 30-40 часов).

В таблице 1.5 представлена характеристика волн при сильных штормовых ветрах на водохранилище.

Таблица 1.5 - Характеристика волн при сильных штормовых ветрах на Цимлянском водохранилище (Ресурсы поверхностных вод СССР 1970; Гидрометеорологический режим озёр и водохранилищ СССР. Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища. 1977).

Пункт наблюдения	Ветер			Характеристика волн			
	направление	скорость, м/с	разгон, км	максимальная высота, м	длина, м	период, с	скорость распространения, м/с
Ложки	западный	12	21	1.2	13.7	3.4	4.3
Нижний Чир	северо-западный	13	18	2.1	21.0	4.2	5.0
Суворовский	юго-западный	20	19	2.3	22.0	4.3	5.1
Красноярский	западный	18	21	2.8	24.8	4.6	5.2
Кривская	западный	17	33	2.1	20.7	4.2	5.0
Жуковская	северный	20	14	2.5	23.0	4.4	5.2
Приморский	западный	17	22	2.4	22.6	4.4	5.1
Цимлянск	восточный	22	24	2.8	26.1	4.7	5.3

Течение. На участке г. Калач-на-Дону - Рычковский мост прослеживается стоковое течение, с максимальной скоростью 3.0-3.6 км/ч.

Ниже Рычковского моста основным типом течений является ветровое. Средняя скорость течения в районе Рычковского моста может достигать 7.2 км/ч. На других участках при указанных условиях скорость течения менее 1.8 км/ч.

1.7 Ландшафты.

Бассейн водохранилища расположен в зоне географического макрорегионального экотона степных и пустынно-степных ландшафтов.

Береговая растительность. Берега покрыты густой растительностью, на склонах и равнинных территориях наблюдается травянистая растительность степной зоны, на оврагах и балках, преобладают кустарники и лиственные деревья. Наблюдаются разнообразные лесные массивы вдоль побережья (рис. 1.10).

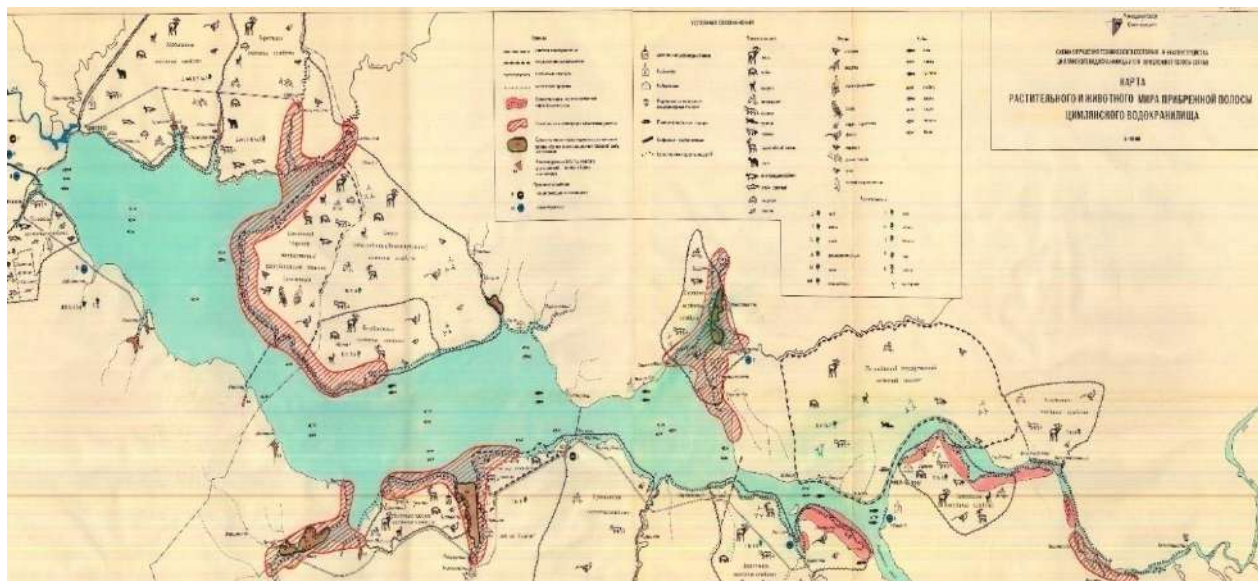


Рисунок 1.10 Карта растительности и животного мира бассейна Цимлянского водохранилища (Схема улучшения технического состояния и благоустройства Цимлянского водохранилища и его прибрежной полосы. 1982).

Ландшафты побережья Цимлянского водохранилища и их трансформация

Рассматриваемая территория находится в пределах степного, сухостепного зональных типов ландшафтов. Выделяется и луговой интразональный тип, но он также зонален, хотя его зональная природа нарушена повышенным гидроморфизмом. В пределах, указанных типов ландшафтов, выделены пять подтипов и пять видов ландшафтов в соответствии с рисунком 1.11 (Рыльщикова А.Ю. 2009); (Рыльщикова А.Ю., Богачев А.Н. 2004).

После создания водохранилища повысился уровень залегания грунтовых вод, что привело к трансформации гидроморфных ландшафтов прибрежной зоны (Назаренко О.Г., Новикова Н.М. и др. 2008).

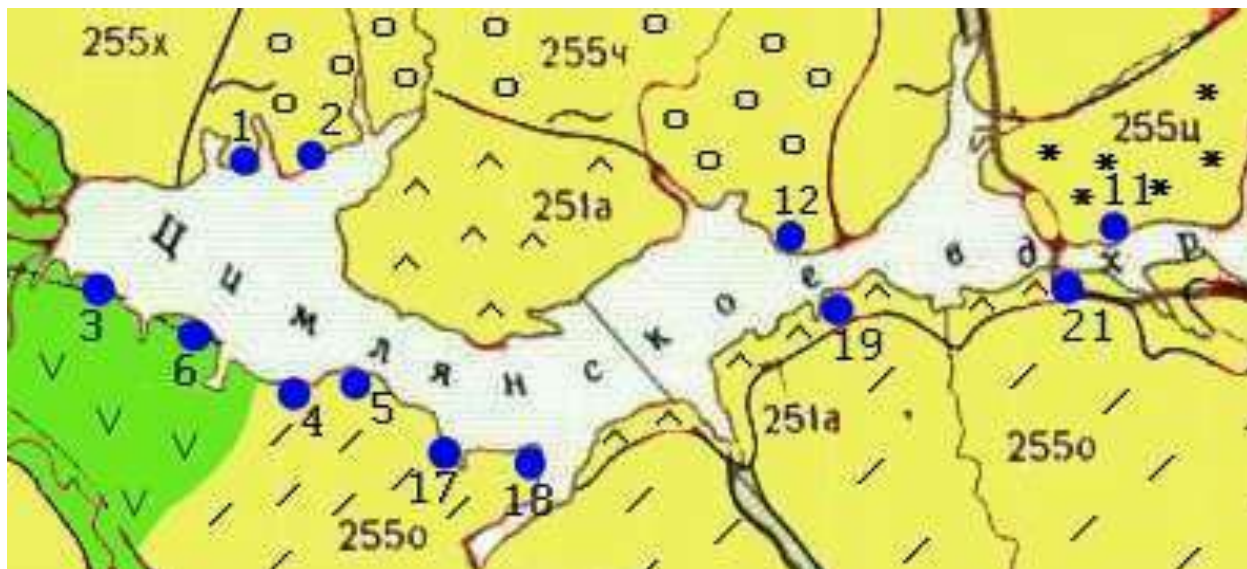




Рисунок 1.11 - Ландшафты побережья Цимлянского водохранилища. Схемы расположения ландшафтов объектов исследования: ●1- топо-экологические профили (Рыльчиков А.Ю. 2009).

Таблица 1.6 – условные обозначения к рисунку 1.10:

Типы		Подтипы		Виды
Степной			Очень засушливый, аллювиальный аккумулятивный	(239 б) Надпойменные террасы крупных рек, плоские и волнистые, местами с балками, с с/х землями
Сухостепной			Сухой, аллювиальный аккумулятивный	(251 а) Поймы и низкие террасы, плоские, местами гривисто-западинные, с руслами, протоками, озерами-старицами, с лугами
			Сухой, лессовый аккумулятивный	(255 о) Равнины плоские и пологоволнистые, с широкими балками, в придолинных

Типы		Подтипы		Виды
				частях с оврагами
			Сухой, лессовый аккумулятивно-денудационный	(255 ц) Равнины пологоувалистые, в придолинных частях с глубокими балками, оврагами, с западным микрорельефом
			Сухой, лессовый аккумулятивно-денудационный	(255 ч) Равнины преимущественно плоские, с глубокими балками и короткой сетью оврагов

Выводы

- Бассейн Цимлянского водохранилища расположен в пределах южной внеледниковой половины Восточно-Европейской (Русской) равнины.
- Инженерно-геологическое районирование было выполнено в рамках Схемы Южгипроводхоза (1982 г.) - по макету Укргипроводхоза с учётом «Методических указаний по производству стационарных наблюдений за переработкой берегов равнинных водохранилищ
- Наиболее крупными орографическими элементами территории, прилегающей к Цимлянскому водохранилищу, являются Доно-Донецкая возвышенная равнина, Восточно-Донская гряда, Ергенинская и Приволжская возвышенности, долины Среднего и Нижнего Дона

2. Глава. Современные методы дистанционных обследований и ГИС-технологий для мониторинга водоохранных зон водных объектов.

В работе основной упор делался на материалы, полученные методом дистанционного зондирования земли с применением БЛА. В этой связи имелась первоочередная задача по анализу функциональных возможностей различных моделей БЛА и их программного обеспечения, для минимизации затрат и оценки возможностей применения БЛА для мониторинга водоохранных зон водных объектов.

2.1 Анализ функциональных возможностей различных моделей БЛА и программного обеспечения.

В качестве основных характеристик БЛА, определяющих их функциональные возможности, можно выделить грузоподъёмность и тип конструкции (самолётный или вертолётный, в т.ч. мультикоптерный – как наиболее распространённые).

Исходя из задач выполнявшихся исследований, рассмотрены только БЛА с массой полезной нагрузки более 1 килограмма, в качестве которой применяется различное оборудование профессионального уровня – видео и фотоаппаратура, многоканальные спектральные сканеры, тепловизоры, лидары, газоанализаторы и прочее. Аппараты этого класса могут быть снабжены системами высокоточного определения местоположения (вплоть до субсантиметровой точности в горизонтальной плоскости). Для решения рассматриваемого круга задач, наиболее целесообразным представляется применение БЛА потребительского класса, более простых и надёжных в эксплуатации и обслуживании, позволяющих нести необходимую полезную нагрузку – полупрофессиональную фото-видеокамеру, с дополнением в виде мультиспектральной камеры. Поэтому БЛА профессионального уровня не рассматриваются. Качество снимков полупрофессиональных камер в совокупности с определением местоположения аппарата во время съёмки при помощи систем спутникового позиционирования, обеспечивают возможность фотограмметрической обработки снимков. Управление современными моделями БЛА осуществляется, как правило, при помощи портативного пульта, с подключённым планшетным компьютером, либо смартфоном. Дальность полёта ограничена при этом технической возможностью трансляции на экран мобильного устройства изображения с видеокамеры БЛА и может достигать нескольких километров (в зоне прямой видимости при отсутствии электромагнитных помех). Самые современные модели могут управляться как в ручном, так и автоматическом (программируемом) режиме и имеют дополнительные (визуальные, ультразвуковые) системы позиционирования, избегания столкновений. Условия эксплуатации обычно предполагают положительную температуру воздуха, отсутствие атмосферных осадков и сильного порывистого ветра.

Тип конструкции БЛА определяет диапазон решаемых с его применением задач.

БЛА самолётного типа, как правило, имеют преимущество в дальности и продолжительности полёта и отлично подходят для общего осмотра исследуемой территории, покрытия больших площадей снимками, с целью последующего построения ортофотомозаики. Основные же недостатки – невозможность детального обследования отдельных объектов на низких высотах и скоростях, ограничения по месту запуска и посадки.

Среди БЛА вертолётного типа наиболее распространены мультикоптеры. Их преимущества заключаются в универсальности применения (покрытие местности снимками, детальное изучение объектов в режимах зависания, радиального облёта, следования), управляемости, практически полном отсутствии ограничений на площадку для запуска и посадки (можно вертикально запускать с рук). Многие модели имеют возможность автоматического взлёта и посадки, возвращения и посадки в зону запуска (радиус определяется используемой системой спутникового позиционирования и качеством приёма сигнала), при потере сигнала или по команде оператора. Сравнительные же недостатки – меньшее время полёта и площадь облёта местности, возможно компенсировать наличием запасных аккумуляторных батарей (аппараты такого класса в основной массе оснащены электрическими бесколлекторными двигателями), при увеличении общего времени выполнения задания.

С учетом вышеизложенного, для волнения поставленных задач предпочтение отдаётся БЛА вертолётного типа (мультикоптеры).

Функциональные возможности программного обеспечения для обработки полученных материалов. К материалам, получаемым с помощью БЛА, относятся видеоряд, фотографии и данные о его местоположении и ориентации в момент съёмки.

Для обработки видео данных доступен широкий выбор программных средств, в зависимости от поставленных задач – от самых простых видеоредакторов, поставляемых в составе операционной системы персонального компьютера, до профессиональных систем видеомонтажа и узкоспециализированного программного обеспечения (позволяющего, например, распознавать регистрационные знаки транспортных средств).

Для обработки фотографий (в совокупности с данными о местоположении и ориентации БЛА в момент съёмки) доступно как традиционное фотограмметрическое ПО, так и разрабатываемое в последние годы специализированное. В исследованиях был использован программный комплекс Agisoft PhotoScan (Agisoft Metashape), обладающий достаточно широким функционалом:

- построение ортофотомозаики (ортофотопланов),
- построение модели поверхности,
- возможность обработки многоканальных изображений,
- построение облака точек,
- 3D-моделирование объектов.

В работе Кушкина А.В. (Кушкин А.В. 2015) приведён обзор свободно распространяемого ПО для обработки аэрофотосъёмки с БЛА, основным недостатком которого является отсутствие служб технической поддержки пользователей.

2.2 Модели беспилотных летательных аппаратов, используемые в составе программно-аппаратного комплекса.

В составе программно-аппаратного комплекса (ПАК) использовались беспилотные летательные комплексы (БАК), сформированные на базе двух моделей БЛА – различные модификации модели Phantom 4 (Phantom 4 Pro и Phantom 4 Advanced) и Luftera (Luftera LQ-4 и Luftera LQ-5).

Большая часть обследований выполнена с использованием квадрокоптеров модельного ряда Phantom (рисунок 2.1). БЛА типа Luftera (рисунок 2.2) начали применяться с 2019 года. С использованием этой модели БЛА была осуществлена аэросъемка водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в Чернышковском районе и отдельных участков берегов и водоохранной зоны в Цимлянском, Дубовском и Котельниковском районах.



Рисунок 2.1 - Беспилотный авиационный комплекс (БАК), созданные с использованием БЛА модели Phantom 4Pro



Рисунок 2.2 - Беспилотный авиационный комплекс (БАК), созданные с использованием БЛА модели Luftera LQ-5

2.3 Виды дистанционных и наземных обследования водоохранной зоны для изучения природных и антропогенных объектов и их процессов.

Для получения информации о структуре и состоянии природных комплексов водоохранной зоны и берегов Цимлянского водохранилища, видах и последствиях, осуществляемой здесь хозяйственной деятельности, нарушениях режима использования водоохранной зоны, был выполнен комплекс обследований, включавший дистанционное зондирование с использованием БЛА и наземное выборочное обследование антропогенных и природных объектов.

В ходе проведения работ по разработке методики с использованием БЛА, съёмка выполнялись со следующими положениями объектива камеры:

- Съёмка ВЗ и берега с вертикальным положением объектива (в надир);
- Съёмка берега с наклонным положением объектива (30 - 45⁰);
- Съёмка берега и ВЗ, территории временного осушения с наклонным положением объектива (обычно 45⁰);
- Съёмка берега с наклонным положением объектива и ВЗ с вертикальным положением объектива;
- Съёмка береговых уступов с субгоризонтальным положением объектива;
- Видеосъёмка берега, ВЗ и примыкающей к ней территории.

Обследования ВЗ осуществлялись с высоты от 50 до 300 метров над точкой взлёта (ТВ) БЛА. Съёмка берега производилась в зависимости от строения берега и возможности поддержания устойчивой связи оператора с БЛА с высоты от -2 до 50 метров относительно ТВ БЛА. При этом БЛА находился над акваторией водохранилища на расстоянии 20 - 50 метров от берега.

Параллельно с полётами БЛА в 2017-2021 гг. проводились наземные обследования, с целью определения координат, фотографирования и краткого описания природных и антропогенных объектов. Для оценки возможности использования аэроснимков и продуктов их обработки. Для получения морфометрических параметров природных и антропогенных объектов выполнялось наземное измерение их размеров.

2.4 Продукты компьютерной обработки фотоснимков водоохранной зоны и берегов Цимлянского водохранилища

Обработка фотоматериалов осуществлялась с помощью программы Agisoft PhotoScan (Agisoft Metashape).

Программа Agisoft PhotoScan (Agisoft Metashape) - универсальный инструмент для генерации трехмерных моделей поверхностей объектов съёмки по фотоизображениям этих объектов. Agisoft Metashape с успехом применяется как для построения моделей предметов и объектов разных масштабов – от миниатюрных археологических артефактов до крупных зданий и сооружений, так и для построения моделей местности по данным аэрофотосъёмки и генерации

матриц высот и ортофотопланов, построенных на основе этих моделей (Руководство пользователя AgisoftPhotoScan: ProfessionalEdition, версия 1.2. 2016).

При соответствии, полученных с помощью БЛА фотоматериалов, требованиям программы AgisoftPhotoScan (Agisoft Metashape), для каждого полёта осуществлялось построение трехмерной полигональной модели (плотное облако, тайловая модель), карты высот, ортофотоплана (вид территории сверху), составление фотопланов высоких берегов, преимущественно представленных береговыми уступами (проекция «вид сбоку»).

Построение трехмерной полигональной модели. Agisoft Metashape поддерживает несколько методов восстановления трехмерной полигональной модели и предоставляет ряд настроек, позволяющих выполнить оптимальную реконструкцию для конкретного набора фотографий. В том числе, он обеспечивает построение тайловой модели. Этот формат полезен при создании моделей больших по площади объектов, к которым можно отнести и значительные по протяженности участки ВЗ Цимлянского водохранилища. Данный формат позволяет визуализировать 3D модели больших объектов с высоким разрешением и детализацией (рис. 2.3).

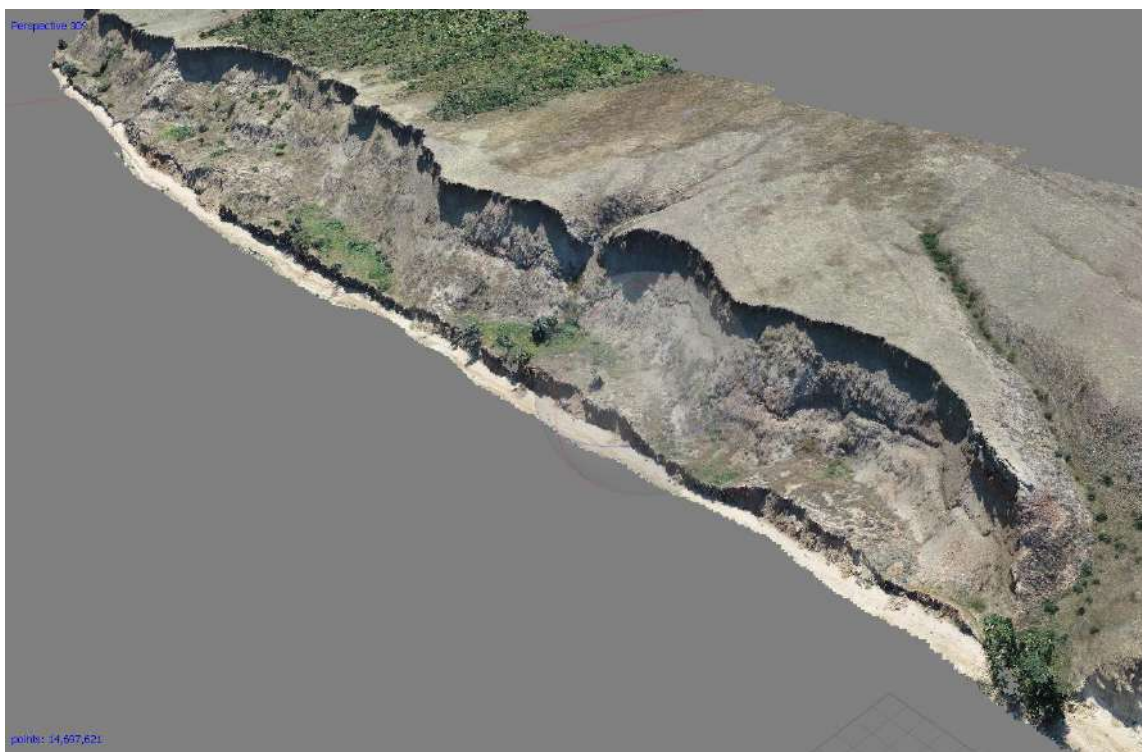


Рисунок 2.3 – Трехмерная полигональная модель, состоящая из плотного облака точек, построенная в Agisoft Metashape.

Построение карты высот. Agisoft Metashape позволяет создать и отобразить карту высот. Карта высот представляет модели поверхности в виде регулярной сетки значений высоты. Agisoft Metashape позволяет выполнять измерения координат точек, расстояний, площадей и объемов в пределах карты высот, а также отображать профили разрезов по заданной пользователем трассе (рис. 2.4).

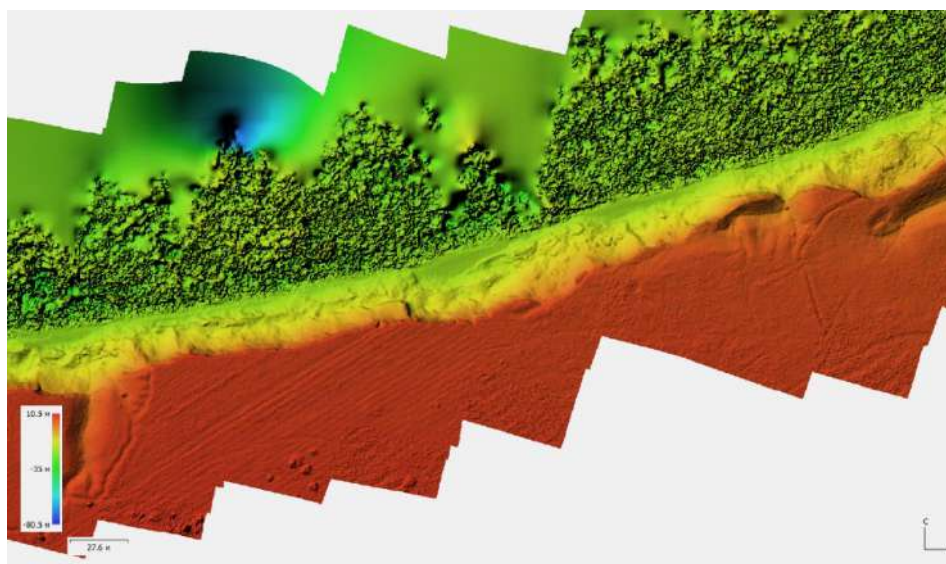


Рисунок 2.4 – Построение карты высот Agisoft Metashape.

Построение ортофотоплана. Ортофотоплан строится на основании данных исходных снимков и реконструированной модели, что позволяет создавать результирующее изображение высокого разрешения. Построение ортофотоплана может быть полезно при необходимости создания детального вида объекта. Agisoft Metashape позволяет редактировать линии реза ортофотоплана для более качественной визуализации (рис 2.5).

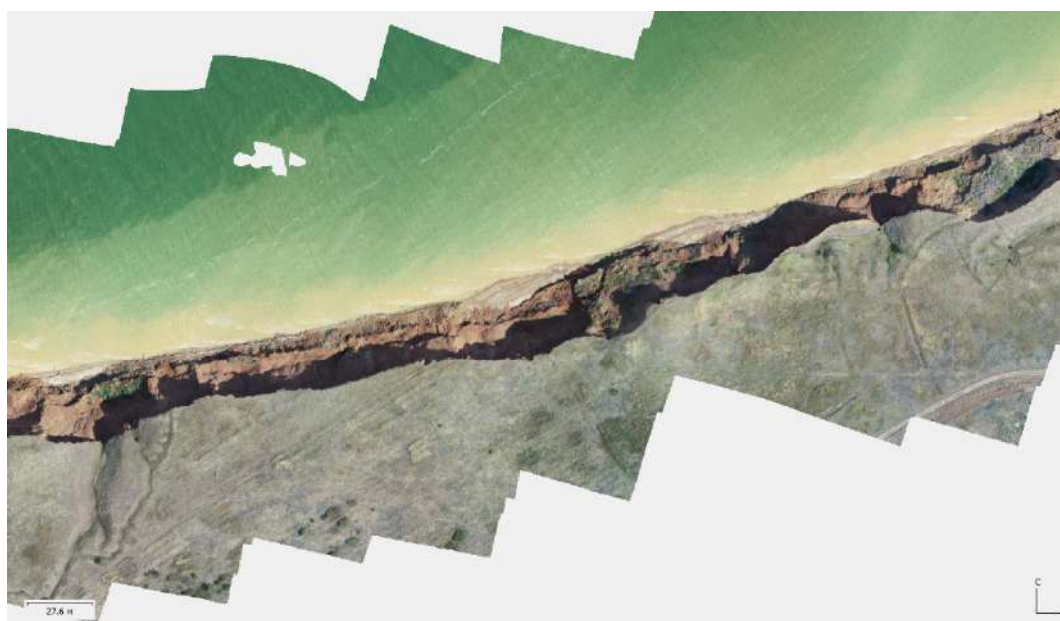


Рисунок 2.5 – Построение ортофотоплана в Agisoft Metashape.

Следует учитывать, что построение трёхмерной модели объекта высокого качества требует использование большого объёма фотоматериалов, для получения которых необходимы значительные затраты полетного времени, что в большинстве случаев не являлось оправданным исходя из задач мониторинга состояния берегов и водоохранных зон Цимлянского водохранилища.

Для получения максимально полной и объективной информации о природных условиях, состоянии хозяйственного комплекса водоохранной зоны и расположенных в её границах объектов,

наибольший интерес представляют ортофотопланы, обеспечивающие не только качественную визуализацию объектов, но и дающие возможность количественной оценки их параметров, определения координат точек, выполнения различных графических построений, включая построение изолиний рельефа.

Построение проекции «вид сбоку»

Построение проекции "вид сбоку" производилось путём обработки снимков, полученных в трёх режимах работы БЛА: объектив камеры направлен вертикально вниз (высота полёта БЛА над точкой взлёта от 50 до 100 метров); объектив наклонён к горизонтальной поверхности под углом 30 - 45°, высота полёта до 100 метров; объектив ориентирован горизонтально, полёт БЛА проходит ниже точки взлёта, преимущественно на высоте центральной части берегового уступа. Проекция «вид сбоку» представляет особый интерес при оценке ЭГП на обрывистых склонах, так как дают дополнительную информацию недоступную при "вертикальной" съёмке (рис. 2.6).



Рисунок 2.6. – Построение проекции «вид сбоку» в Agisoft Metashape.

По некоторым участкам, полностью закрытым кронами деревьев или большую часть площади, которых покрыта водой и обследованных в ветряную погоду, построить ортофотопланы не удалось, так как их фотографии, несмотря на хорошее качество снимков, не поддаются фотограмметрической обработке.

Помимо визуальной оценки ситуации на участках водоохранной зоны, обследованных с помощью БЛА, и выполнения стандартных процедур, предоставляемых инструментарием ArcGIS и Agisoft Metashape, таких как определение площадей и линейных размеров объектов, расстояний между ними, построения профилей по заданному направлению, проводились работы по оценке возможности использования прошедших компьютерную обработку фотоматериалов для решения ряда прикладных и научных задач:

- выполнение расчёта густоты эрозионного расчленения водоохранной зоны;
- производство морфометрических измерений различных орографических элементов;

– определения изменения положения бровки берегового уступа на интервалах между створами регулярных наблюдений, потерь земельного фонда и объёма горных пород, отделившихся от коренного берега в результате абразионной деятельности и проявления других ЭГП;

– Оценка антропогенной деятельности в пределах ВЗ.

С целью решения перечисленных задач на основе материалов обработки аэроснимков и полученных с использованием программных средства Agisoft PhotoScan (Agisoft Metashape) различных продуктов были разработаны и апробированы методики оценки некоторых параметров и характеристик природных объектов. Ряд апробированных методов будут так же представлены в данной работе.

Выводы

Оптимальная высота съёмки для получения информации, отвечающей требованиям и задачам мониторинга, составляет 100 м над обследуемой поверхностью. Все полёты, осуществлявшиеся с целью получения материалов для построения ортофотопланов ВЗ, выполнялись в автоматическом режиме по полётным заданиям, составленным в стационарных условиях с использованием ПО DroneDeploy.

Стоит отметить, что не на всей территории Цимлянского водохранилища (ЦВ) разрешены полеты БЛА, так же имеются сильно задернованные участки, где применение БЛА не целесообразно. В этой связи, обследовать берега всего водохранилища невозможно, но в данном исследовании была охвачена большая его часть. Также в связи со спецификой методов исследования и масштабах исследуемого объекта, приведенные в данной работе Карты-схемы были разделены на участки с характерной нумерацией (рис. 2.7).

Результатом апробации и составления методик обследования ВЗ Цимлянского Водоохранилища, была геоэкологическая оценка ВЗ ЦВ, путем создания оверлейной карты, включающей в себя четыре фактора: - антропогенная нагрузка; - антропогенное давление; - интенсивность абразионных процессов; - эрозионная расчлененность.

Подробные результаты и методы исследования по каждому из приведенных факторов будут представлены в дальнейших главах работы. Помимо оценки изложенных выше факторов, была проведена работа по уточнению типизации берегов Цимлянского водохранилища.

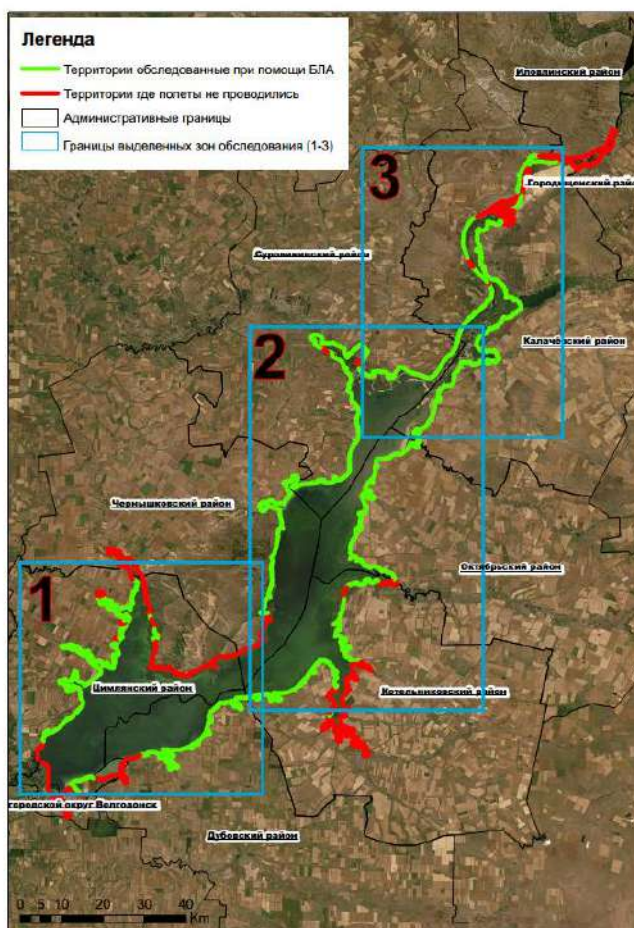


Рисунок 2.7 – Схема проведенных исследований, с выделенными границами зон картографирования исследуемых параметров и выделены территория проводимых обследований.

3. Глава. Создание банка данных типов берегов и уточнение схемы "типы берегов Цимлянского водохранилища" на основе материалов съемок с БЛА

Одной из задач мониторинга водоохранных зон водохранилищ является слежка за состоянием берегов. На Цимлянском водохранилище наблюдается несколько генетических типов берегов, формирование которых обусловлено преобладающим процессом берегоформирования и геолого-геоморфологическими условиями (ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. 2008; ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. 2011).

Целью исследования является создание банка данных типов берегов и их морфометрических характеристик, уточнение Схемы типов берегов Цимлянского водохранилища (1982 г.). На основе использования материалов съемок беспилотных летательных аппаратов (БЛА), для успешного мониторинга за состоянием ВЗ. Уточнение Схемы типов берегов является неотъемлемой частью для дальнейшей геоэкологической оценки берегов Цимлянского водохранилища в пределах ВЗ. Было выявлены изменения типизации берегов на более 60% береговой линии.

3.1 Материалы и методы исследования

В основу исследования положены материалы полевых и камеральных исследований, выполненных отделом НИР и ОКР по восстановлению и охране водных объектов ФГБУ РосИНВХЦ, а также многолетние фондовые данные ФГБУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища», институтов «Южгипроводхоз» и «Союзводпроект».

В период обследования с 2017 по 2021 при помощи БЛА были получены новые данные о состоянии берегов Цимлянского водохранилища. Во время обследования использовались: наземная фото-фиксация; зондирование при помощи БЛА (фотографирование в надири), боковые фотографии с БЛА и видео фиксация ВЗ водохранилища. Протяженность береговой линии, обследованной при помощи БЛА составляет около 1040 км береговой линии (расчет произведен по данным ГИС проекта). В ходе анализа использовались в том числе и космоснимки в тех случаях, когда требовалась визуальная оценка береговых процессов в заливах и балках (на участках, где БЛА обследование проводилось частично).

При обработке съемок с БЛА использовались различные инструментарии программы Agisoft PhotoScan: «ортофотоплан сверху», «ортофотоплан сбоку», «плотное облако», а также 3D модель участков полета, видео съемка, панорамные фото и база фото снимков с БЛА (Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах города 2018., Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Городищенского района. 2018., Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Дубовского района. 2018., Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Иловлинского района. 2018). На полученных ортофотопланах были построены поперечные профили берегов. Всего выполнено (около 1000) полетов. Обработано более 350000 снимков с БЛА. В результате были получены морфологические (особенности морфологии каждого типа) и морфометрические характеристики (высота берега, уклон склона, площадные характеристики для оползневых тел и др. параметры). Эти данные легли в основу создания **банка данных типов берегов** Цимлянского водохранилища.

Под **банком данных** понимается система специальным образом организованных данных, которая включает фото и видео материалы, графические приложения, табличные данные, картографические материалы для обеспечения централизованного накопления и дальнейшего использования данных. В нашем случае - для накопления информации о берегах Цимлянского водохранилища. Материалы, помещённые в банк, использовались для составления уточненной Схемы (2021) типов берегов. В ходе работ использовались программные обеспечения (Agisoft Photoscan, ArcGIS и др.).

На Цимлянском водохранилище, согласно районированию, выполненному институтом Южгипроводхоз, 1982 г. выделяются следующие типы берегов:

- абразионные (обвальный, осыпной и оползневой типы).
- аккумулятивные берега.
- низкие берега затопления
- абразионно-аккумулятивно бухтовые

Со времени создания Схемы районирования, выполненной Южгипроводхозм (Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Калачевского района 2018) прошло более 40 лет, и возникла настоятельная необходимость проведения оценки современного состояния типов берегов и береговых процессов, в целях эффективного мониторинга.

3.2 Инструкция по использованию инструмента визуализации геоморфологических данных и материалов съёмки берегового уступа для ArcMap

Для удобства оценки состояния типов берегов Цимлянского водохранилища была разработано программное обеспечение на основе программы ArcGIS с применением скриптов. Разработанный инструмент предназначен для отображения структурированных материалов геоморфологической классификации побережья Цимлянского водохранилища, воздушной, беспилотной и наземной фото и видеосъёмок, а также результатов их обработки и анализа (профили береговых уступов, рассчитанные уклоны берегов, длины участков). Инструмент реализован в виде программной надстройки для ГИС ArcMap на языке Visual Basic for Applications.

Активация инструмента производится нажатием кнопки "типы берегов" на пользовательский панели инструментов (рис. 3.1), в соответствующем ГИС-проекте. Курсором активированного инструмента, щелчком левой кнопки мыши, можно выбирать профили береговых уступов, либо участки побережья, соответствующие схеме его инженерно-геологического районирования. Профили и участки представлены в виде слоёв точечных и линейных объектов.

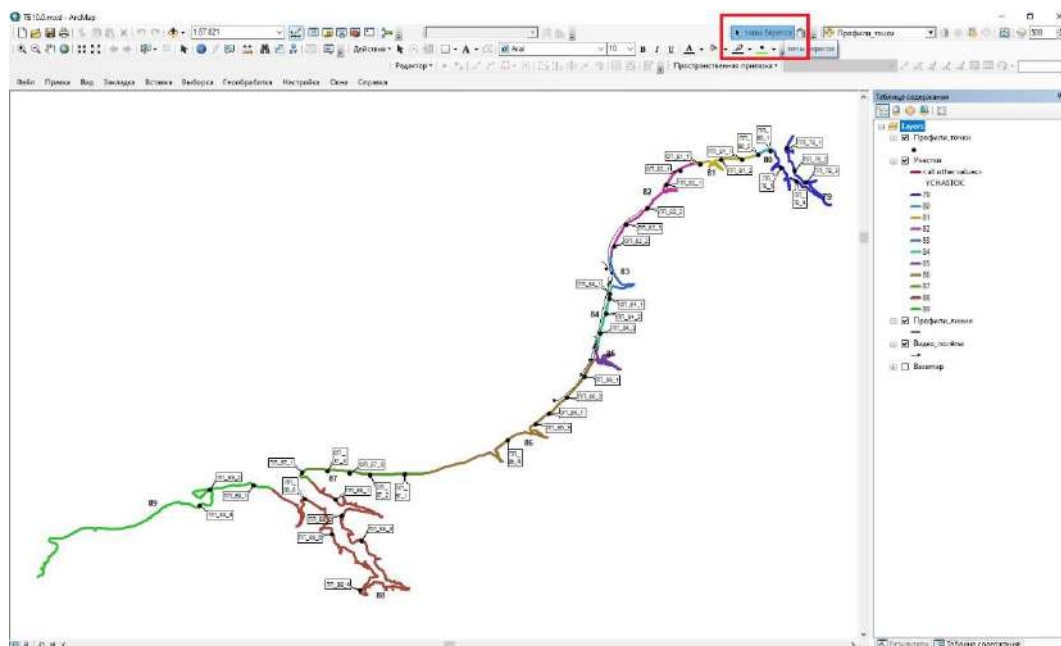


Рисунок 3.1. – Интерфейс ГИС-проекта. Красной рамкой выделена кнопка активации инструмента.

При выборе профиля появляется окно с заголовком в виде имени профиля (например, ПП_86_2 или ОП_86_2, где ПП - поперечный профиль, ОП – поперечный профиль оползня, 86 - код участка, 2 – порядковый номер профиля на участке) и вкладками «Фотоматериалы» и «Графика» (рис. 3.2).

Во вкладке «Фотоматериалы» представлены фотографии берегового уступа с обозначенным расположением поперечного профиля, проведенного до уреза воды. Во вкладке «Графика» – графики профиля на разные даты. В нижней части окна посередине указана дата снимка или профиля, справа – количество имеющихся изображений. При помощи кнопок в правой части окна можно осуществлять циклическую смену изображений. Совершив двойной щелчок левой кнопкой мыши по изображению, можно открыть его в программе для просмотра изображений, используемой операционной системой по умолчанию.

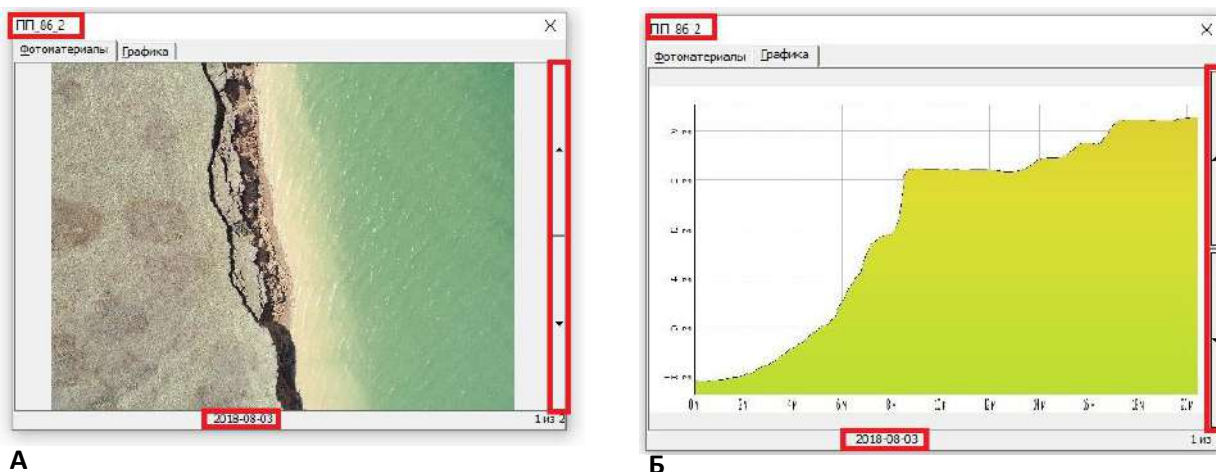


Рисунок 3.2. – Интерфейс вкладок «Фотоматериалы» (А) и «Графика» (Б) при выборе профиля берегового уступа.

Выбор участка побережья вызывает окно с подробной информацией о морфологическом и морфометрическом состоянии берега на участке (рис. 3.3). В верхней части окна представлены следующие данные: номер и длина участка, тип берега на нём, проявления ЭГП, номера проведенных экспедиций и выполненных полетов БЛА, минимальная, максимальная и средняя высота берегового обрыва на участке, уклоны склонов по И.Д. Брауде (Брауде И. Д. 2002). Более подробная информация представлена в атрибутивной таблице соответствующего слоя. Ниже представлены три вкладки: «Фотоматериалы», «Графика» и «Видео».



Рисунок 3.3. – Интерфейс окна информации о морфологическом и морфометрическом состоянии берега.

На вкладке «Фотоматериалы» из выпадающего списка (рис. 3.4) можно выбирать категории фотоматериалов, такие как обзорные, наземные фотографии, виды берегового уступа сбоку, фотографии берега в местах расположения профилей. Фотоматериалы сгруппированы также и по дате съёмки, что отражено во втором выпадающем списке. В нижней части окна посередине указано название снимка, справа – количество имеющихся изображений на выбранную дату. При помощи кнопок в правой части окна можно осуществлять циклическую сквозную смену изображений (по всем датам и категориям).

Структура вкладки «Графика» аналогична структуре вкладки «Фотоматериалы», за исключением отсутствия категорий материалов и соответствующего им выпадающего списка. При выборе профиля берегового уступа происходит выделение точки в выбранном слое и её подсветка синим цветом.

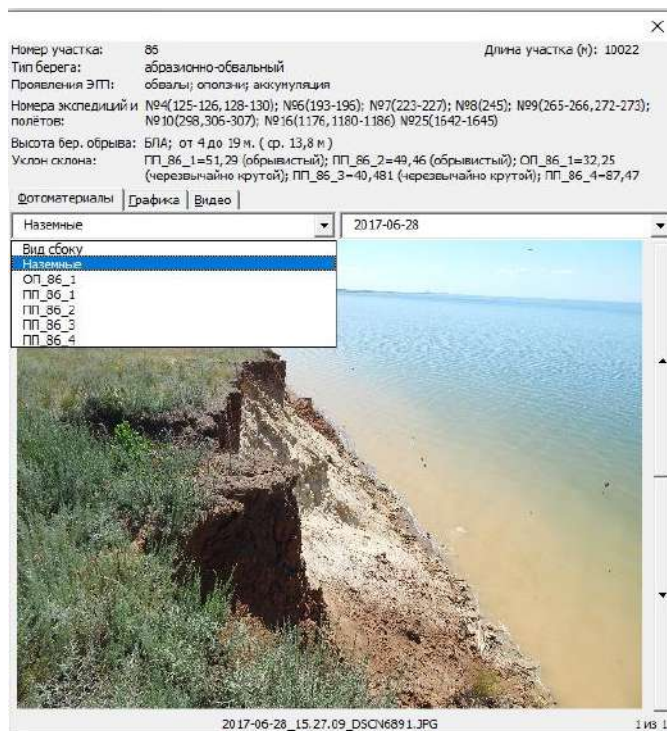


Рисунок 3.4. – Интерфейс вкладки «Фотоматериалы» окна информации о морфологическом и морфометрическом состоянии берега, с развёрнутым списком категорий.

При нажатии на вкладку «Видео» формируется список доступных для выбранного участков видеоматериалов, снятых при помощи БЛА. Приблизительные траектории полётов БЛА во время видеосъёмки содержатся в соответствующем слое и отображаются в виде стрелок. При выборе видео в списке, соответствующая ему траектория полёта БЛА отображается красным цветом (рис. 3.5). Двойным щелчком левой кнопки мыши по названию видео в списке можно запустить его воспроизведение в используемой операционной системе по умолчанию программе.

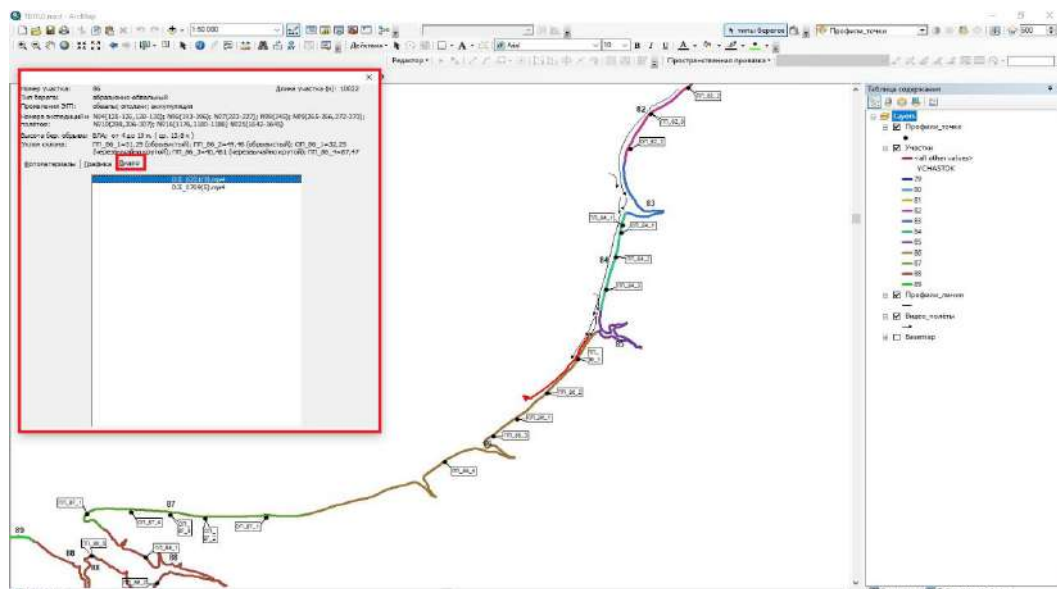


Рисунок 3.5. – Интерфейс вкладки «Видео» окна информации о морфологическом и морфометрическом состоянии берега на фоне схемы берега, с выделенной красным цветом траекторией полёта БЛА во время видеосъёмки.

Также для выявления ошибок в структуре геоморфологических данных и материалов съёмки, был разработан инструмент. Активировать его можно нажатием на кнопку, расположенную справа от кнопки с заголовком «типы берегов». Данный инструмент формирует список обнаруженных ошибок в виде текстового файла и отображает его по завершении работы.

3.3 Анализ банка данных типов берегов.

Анализ банка данных типов берегов заключался в ревизии типов берегов схемы Южгипроводхоза (1982 г.) на основе материалов, полученных при помощи БЛА.

Так как берега водохранилищ постоянно находятся под воздействием волн и вдольбереговых течений, которые при разных положениях уровня воды активно перерабатываются, и под влиянием процессов размыва и аккумуляции происходит переформирование типов берегов водохранилища, так же возможна смена геологических условий. Поэтому, важно выявить данные изменения и на их основе откорректировать существующую Схему типов берегов в проекте ГИС. На схеме «Южгипроводхоза» выделяются 91 участок, соответствующий тому или иному типу берега (рис. 3.6).

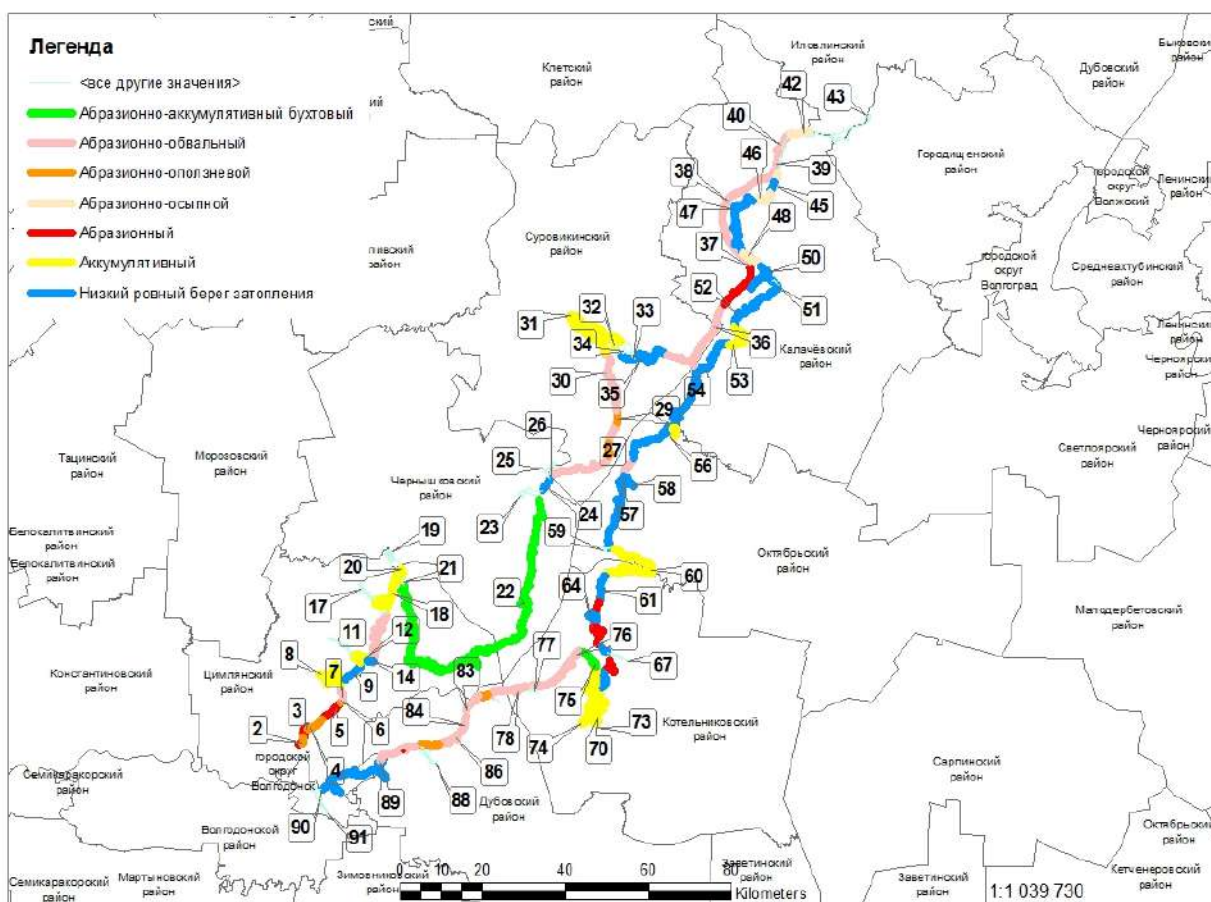


Рисунок 3.6 - Типы берегов и участки обследования на основе Схемы «Южгипроводхоза» (1982 г.).

Для каждого участка была сформирована локальная база данных, включающая в себя следующие характеристики: № (код) участка; координаты краевых точек участка; название участка

по морфологическим характеристикам; название берега и его экспозиция; протяжённость участка; регион, муниципальный район; географическая привязка; № экспедиций и № полётов; тип берега; единица инженерно-геологического районирования; геологическое строение (стратиграфия и литология); высота берегового обрыва; уклон склона (°); ширина пляжа; волноопасные румбы; повторяемость ветров; проявления ЭГП; фотографии; видео; графика; наличие в ВЗ населённых пунктов; инженерные сооружения и другие проявления антропогенной деятельности; вопросы экологической безопасности и др. информация.

3.4 Морфологические и морфометрические особенностей типов берегов на основе банка данных

На основе анализа банка данных типов берегов и полученных морфологических и морфометрических характеристик каждого типа, было выявлено разнообразие типов и подтипов берегов, что в дальнейшем позволило выполнить ревизию в пределах 91-го участка и откорректировать имеющуюся Схему 1982 года (Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Калачевского района 2018; Беспалова Л.А., Ивлиева 2019).


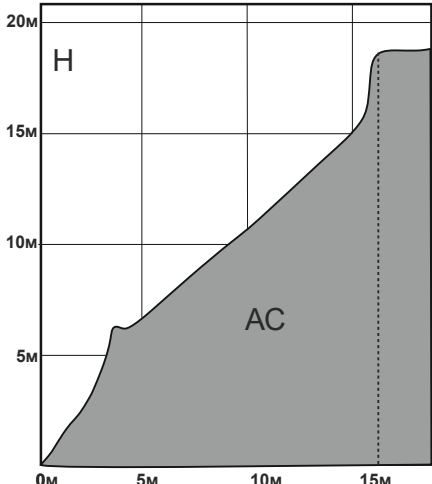
3.4.1 Морфологические и морфометрические особенности абразионно-обвальных берегов.


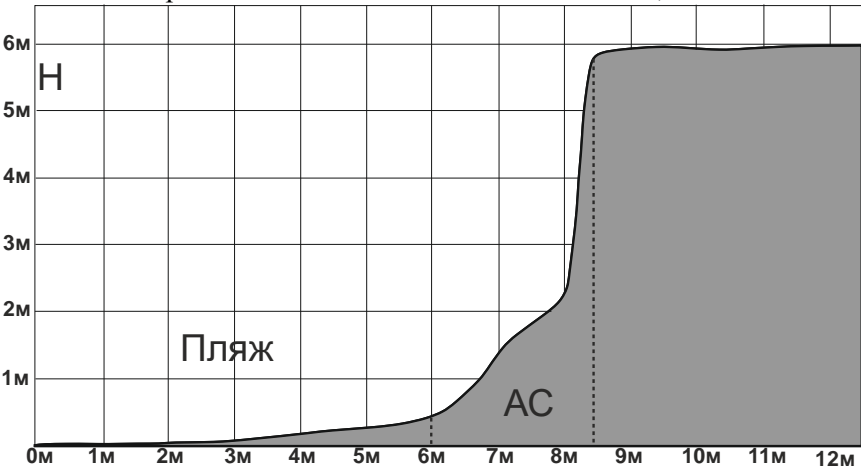
Абразионный обвальный тип берега развивается под воздействием ветрового волнения. Характерными признаками абразионно-обвального берега является крутой уступ, наличие следов обвала грунта береговых обрывов. Такие берега приурочены к высоким участкам правобережья Цимлянского водохранилища и к повышенным - левобережья, где с водной поверхностью соприкасаются неустойчивые к процессам абразии нескальные породы.




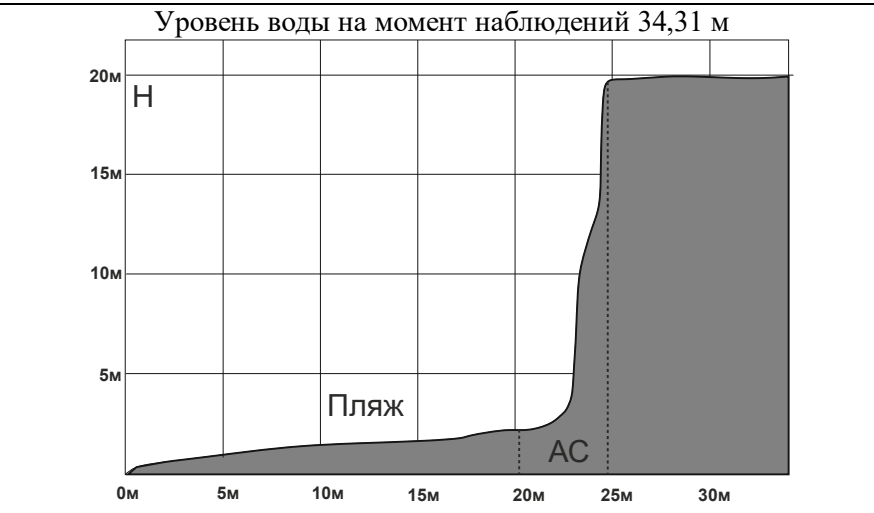
Следует отметить, что абразионно-обвальным берегам свойственно наличие двух, а иногда и трёх бровок, а также разнообразие форм переработки (обвалы, волноприбойные ниши, ниши вымывания и др.). Выработанная береговая отмель имеет ширину от 100 до 200 м.

Геологическое строение этого типа берега на всех участках Цимлянского водохранилища однотипно, представлено на большую мощность лессовидными суглинками от 4 до 18 м, алевролитами и глинами. Высота берегов изменяется от 6 до 29 м, но преимущественно высокие - 17 м в среднем. Склоны обрывистые и отвесные с уклонами 47-85 °, в среднем составляют – 55 ° (Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Котельниковского района 2018). Пляж часто отсутствует или ширина его не превышает 5-6 м, имеет небольшой уклон (таб. 3.1,3.2).

Таблица 3.1. - Фотографии и профили абразионно-обвальных берегов Цимлянского водохранилища, со съемок с БЛА (Н - высота относительно уреза воды, АС – абразионная ступень).

№.	Географическая привязка	Фото	Профиль
1	1500 м. на ЮЗ от с. Хорошевская		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,29 м</p>  <p>The profile graph shows a cross-section of the shoreline. The vertical axis is labeled 'Н' (Height) and ranges from 0m to 20m in increments of 5m. The horizontal axis is labeled 'АС' (Abrasion Step) and ranges from 0m to 15m in increments of 5m. A dashed vertical line is drawn at approximately 14.5m on the horizontal axis, extending up to a height of 35.29m, which is above the 20m mark on the vertical axis. The area under the profile curve is shaded gray.</p>

№.	Географическая привязка	Фото	Профиль
2	11 000 м. на ЮВ от х. Богатырев.		<p data-bbox="1339 304 1917 331">Уровень воды на момент наблюдений 35,22 м</p> 

№.	Географическая привязка	Фото	Профиль
3	1000 м. на С от дома отдыха. им. 40 лет Октября (Суровикинский район)		<p>Уровень воды на момент наблюдений 34,31 м</p> 
4	5000 м. на ЮЗ от х. Веселый		<p>Уровень воды на момент наблюдений 34,31 м</p> 


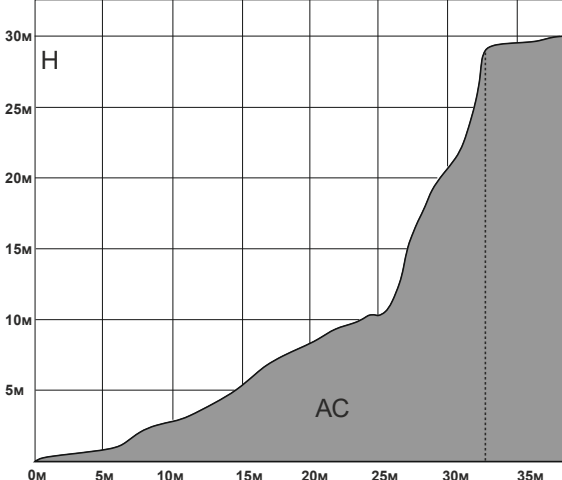
№.	Географическая привязка	Фото	Профиль
5	1000 м. на 3 от х. Кривский		<p data-bbox="1339 304 1917 331">Уровень воды на момент наблюдений 34,05 м</p>  <p data-bbox="1240 823 2011 887">Начало и окончание линии профиля показано на фотографии стрелками красного и жёлтого цвета</p>

Таблица 3.2. - Фрагмент базы данных морфометрических и морфологических характеристик абразионно-обвальных берегов Цимлянского водохранилища, на основе обработки ортофотопланов с БЛА.

№	Географическая привязка	Тип берега	Геологическое строение	Высота клифа (м)	Уклон склона (°)	Тип уклона по Брауде, 2002	Ширина абразионной ступени (м)	Ширина пляжа (м)	Уклон пляжа (градусы)	Тип уклона пляжа по Брауде, 1959
1	1500 м. на ЮЗ от с. Хорошевская	абразионно-обвальный	лессовидные суглинки – 4-7 м; мелкозернистые пески с линзами песчаников (полтава, харьков) – 10-15 м; алевролиты (харьков) - > 3 м.	19,2	50,55	обрывистый	15	нет		
2	11 000 м. на ЮВ от х. Богатырев (Распашка земель в ПЗП_064070 1604050001)	абразионно-обвальный	лессовидные суглинки, алювиальные пески, реже глины.	5,9	69,19	обрывистый	2,5	6	4,29	покатый
3	1000 м. на С от Д.О.им. 40 лет Октября (Суровикинский район)	абразионно-обвальный	суглинки – 2-4 м; суглинки и супеси с прослоями известковистых глин и включениями глыб алевролита – 6-8 м.	14,7	53,98	обрывистый	10	10	7,41	покатой-крутой

№	Географическая привязка	Тип берега	Геологическое строение	Высота клифа (м)	Уклон склона (°)	Тип уклона по Брауде, 2002	Ширина абразионной ступени (м)	Ширина пляжа (м)	Уклон пляжа (градусы)	Тип уклона пляжа по Брауде, 1959
4	5000 м. на ЮЗ от х. Веселый	абразионно-обвальный	лессовидные суглинки.	19,8	84	отвесный	1,8	24	7,83	покато-крутой
5	1000 м. на З от х. Кривский	абразионно-обвальный	лессовидные суглинки – 2-18 м; скифские глины 4-18 м; нагавские глины - > 2 м.	29	47,53	обрывистый	26	6	3,34	покатый

География абразионно-обвальных берегов довольно широкая. Они распространены на правобережье между г. Цимлянском и ст. Хорошевской (чередуются с берегами других типов); от х. Попов до ст. Нижний Чир. На левобережье Цимлянского водохранилища берега абразионно-обвального типа образовались на возвышенных участках от х. Верхнерубежный до х. Ильмень-Суrowикинский и от х. Веселый до Жуковского убежища.

Согласно Схеме «Южгипроводхоза» (1982 г.) от железнодорожного моста возле х. Рычковского до х. Большенабатовский берега относятся к абразионным типам берега. После анализа базы данных эти берега были отнесены к эрозионным, так как на данном участке «выклинивания подпора» волновая активность отсутствует, и переформирования берегов происходит за счет боковой эрозии.

3.4.2 Морфологические и морфометрические особенности абразионно-осыпных берегов.

Абразионно-осыпной тип берега формируется на участках, сложенных песками, супесями, суглинками. Отступление бровки берега происходит после размыва осыпи волнением и выносом материала вдольбереговыми течениями в места его аккумуляции. Часть материала отлагается на прибрежной отмели.

Морфологически осыпные берега обычно имеют выпуклую форму и значительную крутизну склонов ($25 - 45^\circ$). Высота берегового обрыва изменяется от 6 до 40 м, в среднем составляет 24 м. Размывание берегов сопровождается образованием осовов и осыпей. В отличие от абразионно-обвальных берегов, осыпные встречаются на берегах водохранилища локально. Типичные осыпные берега зафиксированы на правом берегу возле п. Саркел и на левом берегу возле х. Кривский. Их протяженность не превышает 4 км (таб. 3.3, 3.4).

Таблица 3.3. – Фотографии и профили абразионно-осыпных берегов Цимлянского водохранилища, со съемок с БЛА (Н - высота относительно уреза воды, АС – абразионная ступень).


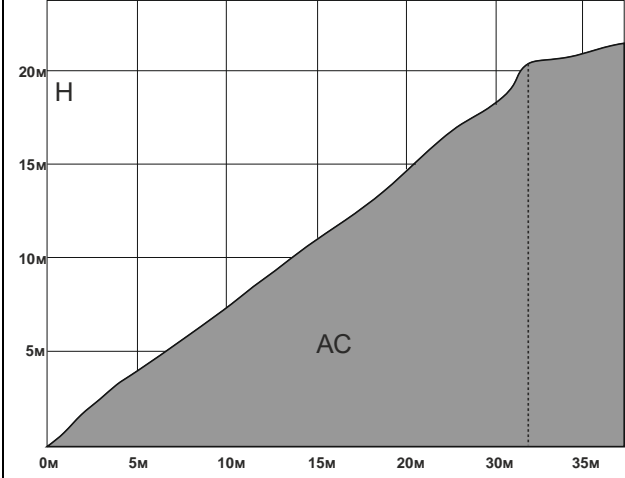

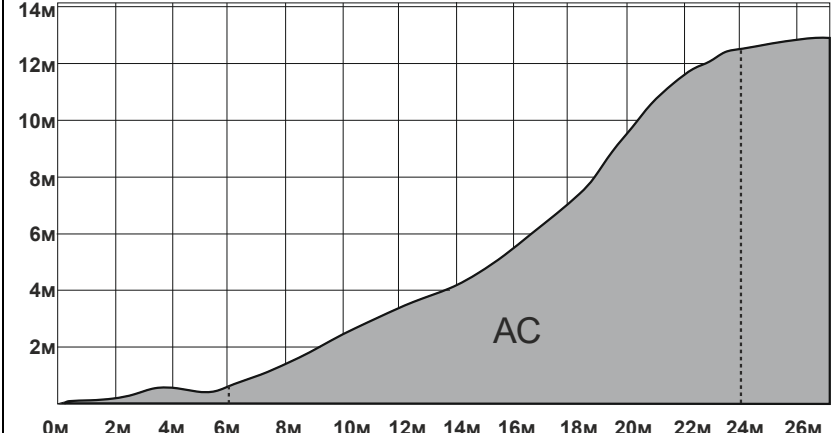
№	Географическая привязка	Фото	Профиль
1	кладбище п. Саркел		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,27 м</p> 
2	залив возле х. Кривский		<p>Уровень воды на момент наблюдений 33,98 м</p> 

Таблица 3.4. - Фрагмент базы данных морфометрических и морфологических характеристик абразионно-осыпных берегов Цимлянского водохранилища, на основе обработки ортофотопланов с БЛА.

№	Географическая привязка	Тип берега	Подтип берега	Геологическое строение	Высота клифа (м)	Уклон склона (°)	Тип уклона по Брауде, 1959	Ширина абразионной ступени (м)	Ширина пляжа
1	кладбище п. Саркел	абразионный	абразионно-осыпной	лѣссовидные суглинки – 1-3 м; песок (понт) – до 2 м; глины (сармат) – 4-5 м; мелкозернистые пески с линзами песчаников (полтава, харьков) – 14-20 м; алевролиты, мергели - > 3 м.	21,2	38	чрезвычайно крутой	26,5	нет
2	залив возле х. Кривский	абразионный	абразионно-осыпной	лѣссовидные суглинки – 2-18 м; скифские глины 4-18 м; нагавские глины - > 2 м	12	31,8	чрезвычайно крутой	18	6

3.4.3 Морфологические и морфометрические особенности абразионно-оползневых берегов.

Оползневые явления связаны с выходом на дневную поверхность глин и суглинков в обнажениях берегов. Оползень возникает при нарушении равновесия, которое происходит при поднятии уровня грунтовых вод и повышению влажности глинистых грунтов по линии смещения.


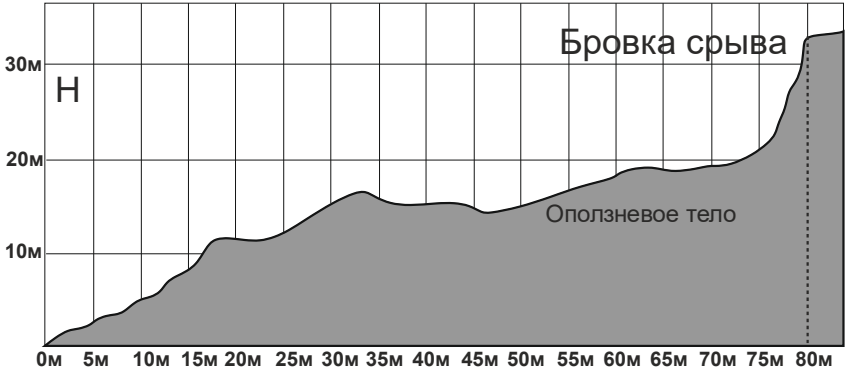

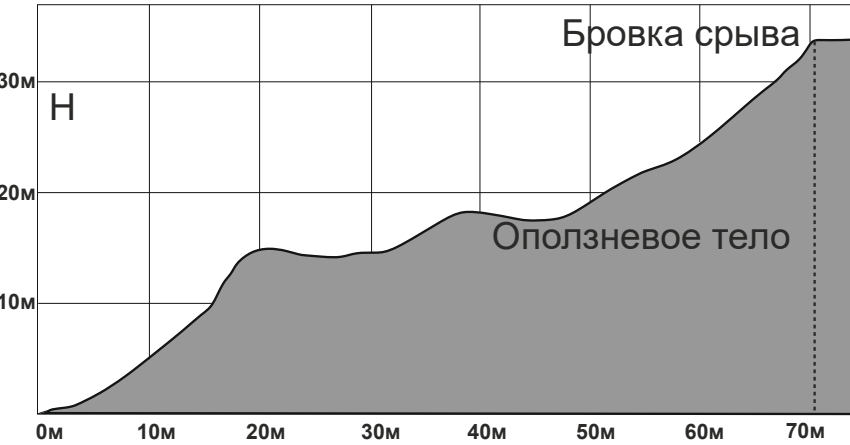
На основе съёмки берегов Цимлянского водохранилища при помощи БЛА и были получены основные характеристики оползней, таких как очертание оползня в плане (структурные, цирки), высота берега, уклон склона и тип уклона, высота стенки отрыва оползня, периметр оползня, площадь оползневого тела (таб. 3.5).


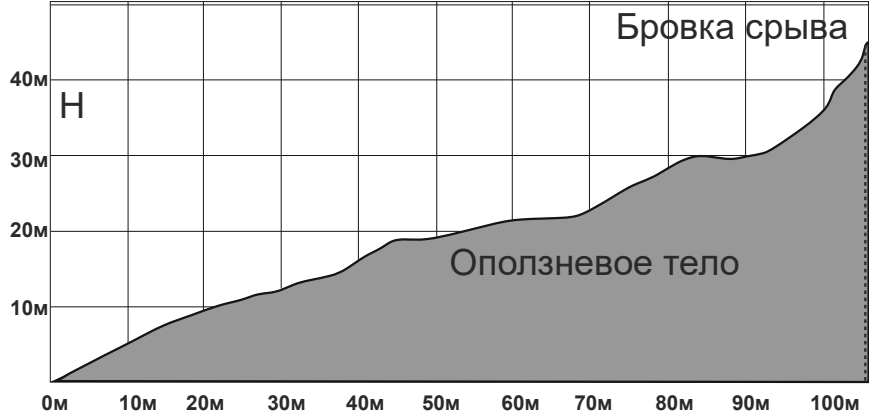

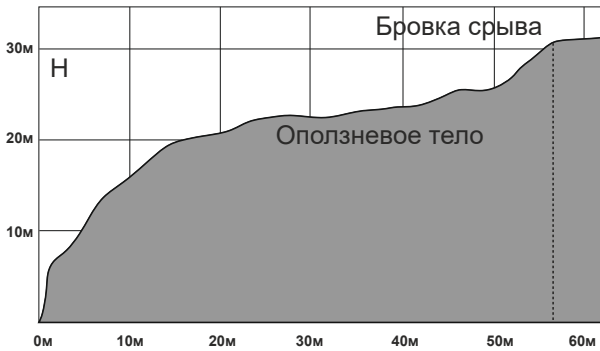
Оползни в плане представлены в основном двумя типами: оползни цирки и фронтальные оползни. В зависимости от способа сползания развиты оползни оплывины. Но встречаются и структурные оползни, где сход горных пород происходит в виде блоков.




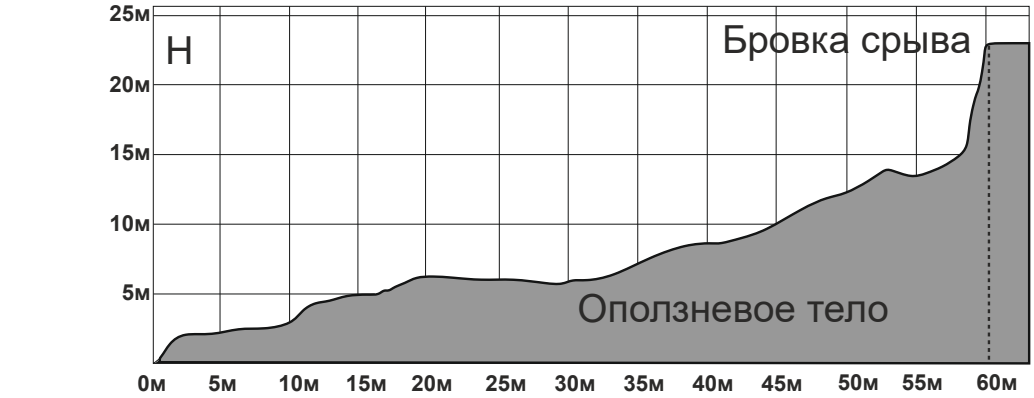
Высота берегов, подверженных оползневому процессам, изменяется в довольно широком диапазоне - от 11 до 42,6 м, при среднем значении 27,9 м. В основном эти берега характеризуются крутыми склонами от крутого ($14,78^\circ$) до чрезвычайно крутого, (более 30°), средняя крутизна оползневых склонов составляет 23° (таб.3.6).


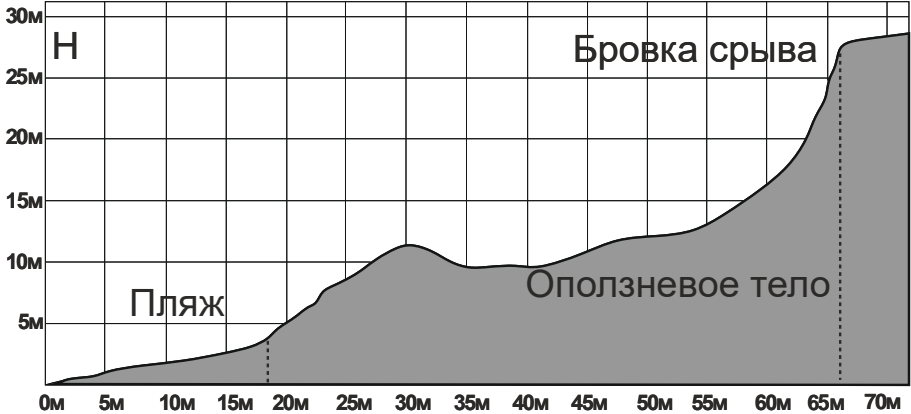


Размеры оползней могут быть разнообразными. Так, по периметру оползни изменяются от 234 м до 1479 м. В среднем периметр оползней составляет около 600 м. Площадь оползневого тела может достигать более 24000 м², но встречаются и небольшие оползни, менее 240 м². Ширина захвата оползня изменяется на разных участках от 23 до 105 м. Высота стенки отрыва (главного уступа) – у не глубоких оползней 3 м, и до 15,4 м у оползней глубокого захвата.

Таблица 3.5. - Фотографии и профили абразионно-оползневых берегов Цимлянского водохранилища, со съемок с БЛА (Н - высота относительно уреза воды).

№	Географическая привязка	Фото	Профиль
1	восточная окраина г. Цимлянск		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,29 м</p> 
2	750 м. на В от п. Саркел		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,27 м</p> 

№	Географическая привязка	Фото	Профиль
3	1600 м. на СВ от п. Саркел		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,27 м</p> 
4	южная окраина с. Хорошевская		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,29 м</p> 

№	Географическая привязка	Фото	Профиль
5	1500 м. на Ю от с. Нижний Чир		<p>Уровень воды на момент наблюдений 34,34 м</p> 
6	2000 м. на С от с. Жуковская		<p>Уровень воды на момент наблюдений 34,99 м</p> 

№	Географическая привязка	Фото	Профиль
7	2300 м. на З от х. Кривский		<p data-bbox="1317 339 1892 368">Уровень воды на момент наблюдений 34,05 м</p> 
8	5000 м. на ЮЗ от с. Малая Лучка		<p data-bbox="1317 839 1892 868">Уровень воды на момент наблюдений 35,06 м</p> 


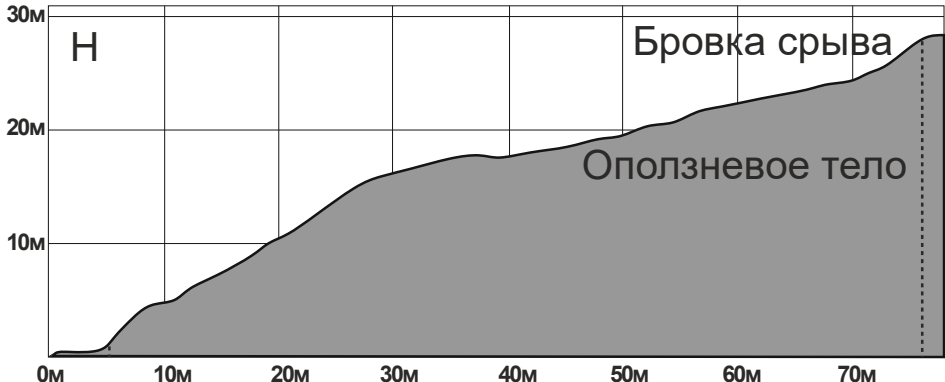
№	Географическая привязка	Фото	Профиль
9	1300 м. на ЮЗ от п. Саркел		<p data-bbox="1317 336 1892 368">Уровень воды на момент наблюдений 35,27 м</p> 

Таблица 3.6. - Фрагмент базы данных морфометрических и морфологических характеристик абразионно-оползневых берегов Цимлянского водохранилища, на основе обработки ортофотопланов с БЛА.

№	Географическая привязка	Тип оползня	Геологическое строение	Высота клифа (м)	Уклон склона (°)	Тип уклона по Брауде 1959	Ширина оползня по фронту (м)	Периметр (м)	Площадь (м ²)	Ширина пляжа
1	восточная окраина г. Цимлянск (створы наблюдений за движением бровки коренного берега Цимлянского водохранилища №4)	циркообразный (оплывина)	лессовидные суглинки – 1-3 м; песок (понт) – до 2 м; глины (сармат) – 4-5 м; мелкозернистые пески с линзами песчаников (полтава, харьков) – 14-20 м; алевролиты, мергели - > 3 м.	38	18,9	крутой	80	929	24026	нет
2	750 м. на В от п. Саркел	циркообразный	лессовидные суглинки – 1-3 м; песок (понт) – до 2 м; глины (сармат) – 4-5 м; мелкозернистые пески с линзами песчаников (полтава, харьков) – 14-20 м; алевролиты, мергели - > 3 м.	34	25,64	очень крутой	70	424	9839	нет

№	Географическая привязка	Тип оползня	Геологическое строение	Высота клифа (м)	Уклон склона (°)	Тип уклона по Брауде 1959	Ширина оползня по фронту (м)	Периметр (м)	Площадь (м ²)	Ширина пляжа
3	1600 м. на СВ от п. Саркел	циркообразный	лѣссовидные суглинки – 1-3 м; песок (понт) – до 2 м; глины (сармат) – 4-5 м; мелкозернистые пески с линзами песчаников (полтава, харьков) – 14-20 м; алевролиты, мергели - > 3 м.	42,6	22,13	очень крутой	105	438	12963	нет
4	южная окраина с.Хорошевская	фронтальный	лѣссовидные суглинки; мелкозернистые пески с линзами песчаников.	32	29,6	очень крутой	56	432	7907	нет
5	1500 м. на Ю от с. Нижний Чир	фронтальный	суглинки – 2-4 м; суглинки и супеси с прослоями известковистых глин и включениями глыб алевролита – 6-8 м.	11,4	24,95	очень крутой	23	431	3503	10

№	Географическая привязка	Тип оползня	Геологическое строение	Высота клифа (м)	Уклон склона (°)	Тип уклона по Брауде 1959	Ширина оползня по фронту (м)	Периметр (м)	Площадь (м ²)	Ширина пляжа
6	2000 м. на С от с. Жуковская	фронтальный (оплывина)	лессовидные суглинки – 2-18 м; скифские глины 4-18 м; нагавские глины - > 2 м.	23	20,97	очень крутой	60	1479	23793	нет
7	2300 м. на З от х. Кривский	фронтальный	лессовидные суглинки – 2-18 м; скифские глины 4-18 м; нагавские глины - > 2 м.	25	27,42	очень крутой	49	526	7419	17
8	5000 м. на ЮЗ от с. Малая Лучка	фронтальный (оплавина)	лессовидные суглинки – 2-18 м; скифские глины 4-18 м; нагавские глины - > 2 м.	18,6	30,17	чрезвычайно крутой	32	493	5074	нет
9	1300 м. на ЮЗ от п. Саркел	циркообразный	лессовидные суглинки – 1-3 м; песок (понт) – до 2 м; глины (сармат) – 4-5 м; мелкозернистые пески с линзами песчаников (полтава, харьков) – 14-20 м; алевролиты, мергели - > 3 м.	26,7	20,3	очень крутой	76	234	3361	5

Расположение абразионно-оползневых берегов, обозначенные на Схеме «Южгипроводхоза» (1982 г.), согласно проведенным исследованиям, в основном совпадает с расположением на уточненной Схеме (2021 г.). Однако, выделение берегов на уточненной Схеме (2021 г.) производилось локально, где в данный момент, по данным БЛА мониторинга, происходят оползневые процессы. В этой связи протяженность абразионно-оползневых берегов сократилось с 22,5 км (Схема 1982 г.) до 14 км (уточненная Схема 2021 г.). Абразионно-оползневые берега были отмечены на участках правого берега от г. Цимлянска до ст. Хорошевская, возле ст. Нижний Чир, и левого берега от х. Веселы до Жуковского убежища в пределах абразионных берегов.

3.4.4 Морфологические и морфометрические особенности аккумулятивных берегов.

Аккумулятивные берега на водохранилище развиты в зоне затопления поймы и низких аллювиальных террас. Эти берега чаще всего формируются в устье заливов (убежищ) а также в устья оврагов и балок. В результате анализа БД было выявлено, что аккумулятивные берега имеют не значительное распространение, всего 0,3% от всей береговой линии водохранилища (2,5 км.). Впервые для Цимлянского водохранилища были выделены аккумулятивные формы, представленные в основном: мысами (выступами), косами, пересыпями, прислоненными пляжами. Все перечисленные формы, кроме прислоненных пляжей, отнесены к аккумулятивному типу берега. Прислоненные пляжи развиты в пределах абразионных берегов.

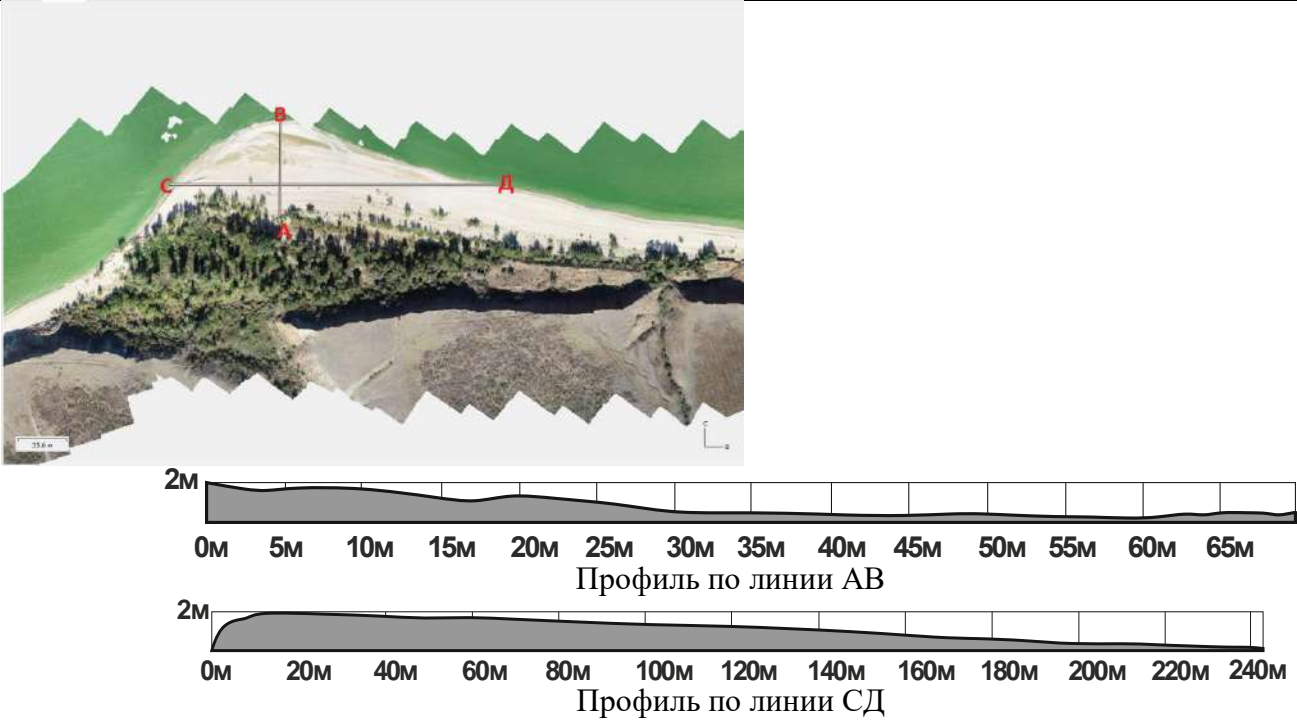
Падение емкости потока наносов может происходить и при огибании им выступа контура. В результате образуется аккумулятивная форма – коса. Она причленяется к берегу только своей корневой частью, а ее растущее окончание (дистальное) остается свободным. Поэтому коса называется свободной аккумулятивной формой (Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Октябрьского района. 2018., Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Суровикинского района. 2018., Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Цимлянского района 2018., Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Чернышковского района. 2018).

Аккумулятивные берега получили свое развитие на входе в Крутовской залив (пересыпи) так же представлены конусами выноса оврагов и балок на участке от. п. Саркел до ст. Хорошевская и др. Аккумулятивные мысы сформировались на изгибах берега в виде аккумулятивных мысов возле ст. Кривский и ст. Суворовская (таб. 3.7, 3.8). Переймы в основном развиваются в пределах устьевых участков балок и оврагов и обнаружены

съемками с БЛА на участках: к западу от х. Кривский; к юго-западу от с. Малая лучка; и к северо-востоку от ст. Жуковская и ряде других участков (таб. 3.9, 3.10).

На Схеме «Южгипроводхоза» (1982 г.) к аккумулятивным берегам относились все берега, приуроченные к заливам: Терновский; Калининский; заливы возле хуторов Новоцимлянский; Нижнегнутов; Нижнеосинвский; Ляпичев; Приморский; Веселый. Это не вполне соответствует процессам, которые наблюдаются на данных участках берега. Согласно базе данных (БД) съемок с БЛА. На большей части представленных берегов этих заливов аккумуляция не прослеживается (отсутствуют аккумулятивные формы). Берега заболочены и задернованы, а на отдельных участках выявлены процессы размыва. В этой связи большая часть берегов убежищ, заливов и балок (200 км.) были отнесены к низким берегам затопления.

Таблица 3.7. - Типы аккумулятивных форм – мысы и косы.

№	Географическая привязка	Тип аккумулятивной формы	Фото и профили
1	1500 м. на С от х. Малая Лучка	аккумулятивный мыс, (формируется на изгибе берега)	 <p>The figure shows an aerial photograph of a coastal spit. A cross-section line AB is drawn across the spit, and a cross-section line CD is drawn along its length. Below the photo are two cross-section profiles. The first profile, labeled 'Профиль по линии АВ', shows a cross-section with a height of 2m and a length of 65m. The second profile, labeled 'Профиль по линии СД', shows a cross-section with a height of 2m and a length of 240m.</p>


№	Географическая привязка	Тип аккумулятивной формы	Фото и профили
2	южная окраина х. Красноярский	косы в устье залива формируются с обеих сторон (в перспективе при их соединении может образоваться перейма)	 <p>The aerial photograph shows a river delta with two main channels. A cross-section line AB is drawn across the upper channel, and a cross-section line CD is drawn across the lower channel. The terrain is sandy and vegetated.</p> <p>2,5м 0м 5м 10м 15м 20м 25м 30м 35м 40м 45м 50м 55м 60м 65м 70м 75м 80м Профиль по линии АВ</p> <p>1,5м 0м 5м 10м 15м 20м 25м 30м 35м 40м 45м 50м 55м 60м 65м 70м 75м 80м Профиль по линии СД</p> <p>The figure includes two cross-section profiles. The top profile, labeled 'Профиль по линии АВ', shows a cross-section with a maximum height of 2.5 meters. The bottom profile, labeled 'Профиль по линии СД', shows a cross-section with a maximum height of 1.5 meters. Both profiles have a horizontal axis representing distance from 0 to 80 meters in 5-meter increments.</p>

Таблица 3.8. - Морфометрические характеристики кос и мысов Цимлянского водохранилища, на основе обработки ортофотопланов с БЛА.

№	Географическая привязка	Тип берега	Литологический состав	Ширина выступа (м)	Длина выступа (м)	Площадь (м ²)	Периметр (м)
1	1800 м. на СВ от х. Кривский	Аккумулятивный мыс-выступ	песок	82	233	31384	1295
2	южная окраина х. Красноярский	коса	песок	81	88	10534	570

Таблица 3.9. - Типы аккумулятивных форм-перейма

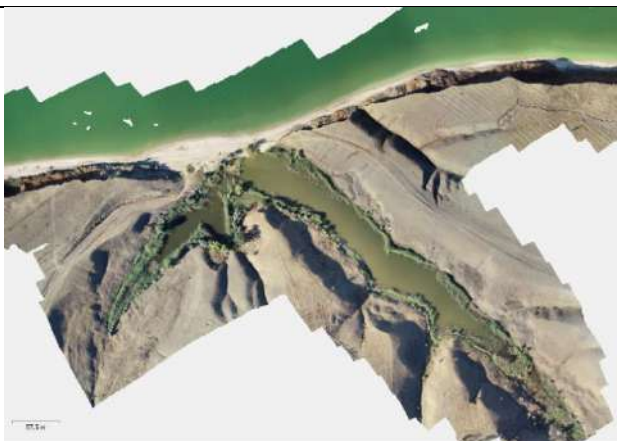

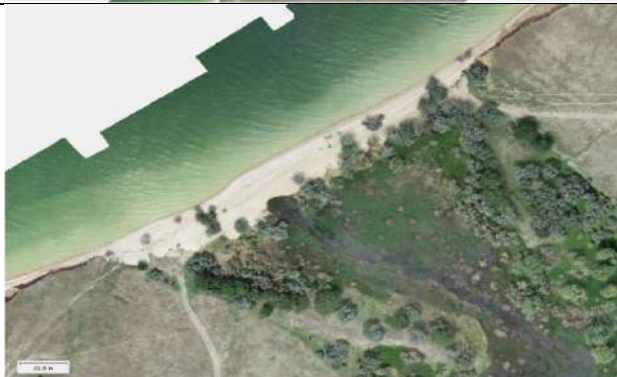
№	Географическая привязка	Тип аккумулятивной формы	Фото
1	2000 м на З от х. Кривский	перейма	
2	5300 м на ЮЗ от с. Малая лучка	перейма	
3	7100 м на СВ от с. Жуковская	перейма	

Таблица 3.10. - Морфометрические характеристики перейм Цимлянского водохранилища, на основе обработки ортофотопланов с БЛА.

№	Географическая привязка	Тип берега	Ширина пересыпи (м)	Длина пересыпи (м)	Уровень воды (м)
1	2000 м на З от х. Кривский	перейма	20-70	128	35,06
2	5300 м на ЮЗ от с. Малая лучка	перейма	2-45	411	35,06
3	7100 м на СВ от с. Жуковская	перейма	10-27	197	35,06

Пляжи – зоны аккумуляции наносов, вытянутые сплошь по простиранию берега.

Состав наносов варьирует от валунов до тонкозернистого песка. В зависимости от строения внутренней части зоны побережья формируются *пляжи полного и неполного профиля*. Пляжи полного профиля формируются в условиях свободной разгрузки наносов на побережье и характерны для отмелых берегов с весьма пологими подводным и надводным склонами. Они имеют асимметричную форму - более пологий мористый и более крутой внутренний склон, у основания которого может располагаться слабо заболоченное понижение, выполненное тонким наилком (отлагается на границе зоны действия прибойного потока). Выше располагается берег, не подверженный действию волн. (Скрипка Г.И., Сапрыгин В.В. и др. 2018., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А. и др. 2018). Пляжей полного профиля в пределах берегов Цимлянского водохранилища в ходе обследования при помощи БЛА выявлено не было.


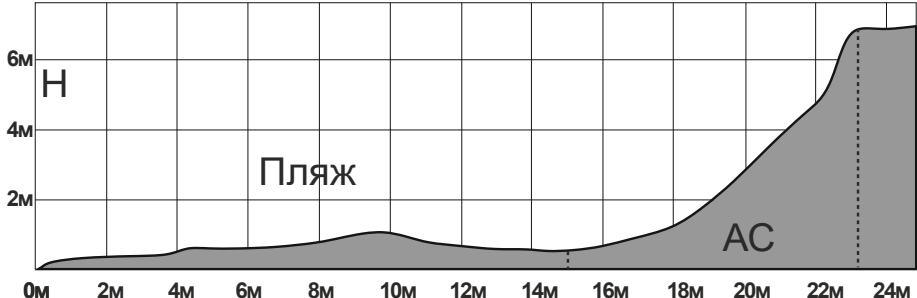

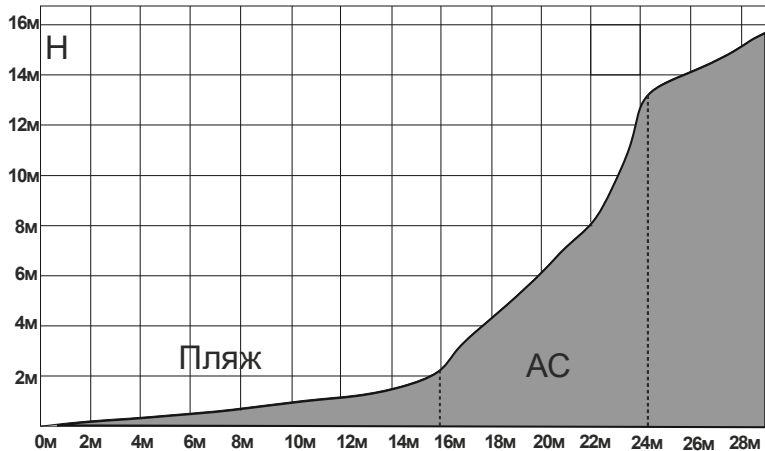
Пляжи неполного профиля формируются при наличии в профиле склона более крутого участка - разгрузка влекомого материала происходит у перегиба. Во время штормов волны могут размывать пляж и коренной берег (Косолапов А.Е. и др. 2018).


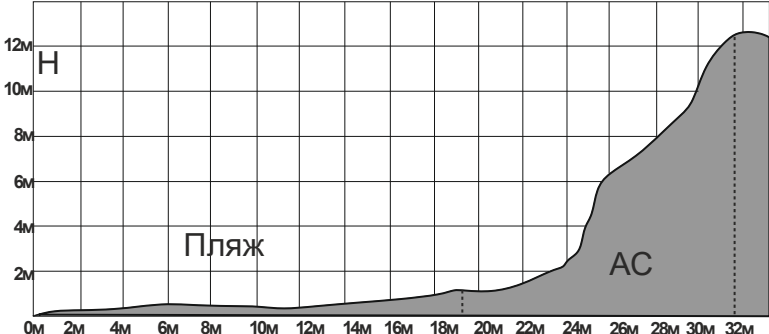

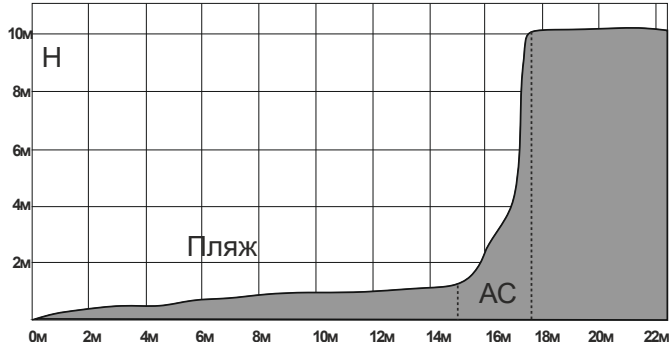

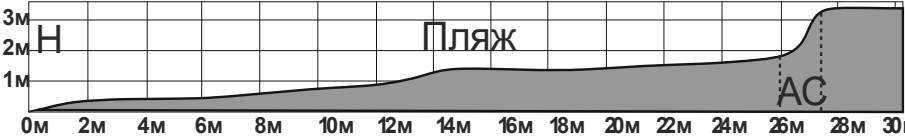
На основе БД были выделены морфологические и морфометрические характеристики прислоненных пляжей Цимлянского водохранилища (таб. 3.11, 3.12). Которые развиты в предел абразионных типов берега. Ширина пляжей изменяется от нескольких метров до 25-40 м. Они сложены мелкозернистыми песками и мелким гравием. Уклоны пляжей изменяются от пологих до покатых и покато крутых (1-4°). Пляжи полного профиля в пределах берегов Цимлянского водохранилища не выявлены.

Таблица 3.11. - Морфометрические характеристики пляжей Цимлянского водохранилища, на основе обработки ортофотопланов с БЛА.

№	Географическая привязка	Ширина пляжа	Уклон пляжа (°)	Тип уклона пляжа по Брауде 2002
1	3300 м. на С от с. Хорошевская	15	1,15	пологий
2	8000 м. на ЮЗ от х. Морской	16	7	покато крутой
3	южная окраина с. Суворовская	19	3	покатый
4	2200 м на ЮЗ от х. Верхнерубежный	15	1,53	пологий
5	700 м. на С от х. Веселый (Южный вход в залив)	26	3,96	покатый

Таблица 3.12. - Типы аккумулятивных форм – пляжи (Н - высота относительно уреза воды, АС – абразионная ступень).

№	Географическая привязка	Тип аккумулятивной формы	Фото	Профиль
1	3300 м. на С от с. Хорошевская	прислоненный пляж		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,27 м</p> 
2	8000 м. на ЮЗ от х. Морской	прислоненный пляж		<p>Уровень воды на момент наблюдений 33,91 м</p> 

№	Географическая привязка	Тип аккумулятивной формы	Фото	Профиль
3	южная окраина с. Суворовская	прислоненный пляж		<p data-bbox="1429 328 2002 355">Уровень воды на момент наблюдений 34,34 м</p> 
4	2200 м на ЮЗ от х. Верхнерубежный	прислоненный пляж		<p data-bbox="1435 727 1995 754">Уровень воды на момент наблюдений 34,6 м</p> 
5	700 м. на С от х. Веселый (южный берег залива, расположенного к западу от хутора)	прислоненный пляж		<p data-bbox="1429 1134 2002 1161">Уровень воды на момент наблюдений 34,02 м</p> 

3.4.5 Морфологические и морфометрические особенности низких берегов затопления.

Наибольшее значение для берегов водохранилищ имеют нейтральные берега (заболоченные и берега затопления), которые занимают большую часть протяженности общей длины береговой линии водохранилищ. При подпоре уровня воды в реке при создании водохранилищ, идет процесс подпора и грунтовых вод на прилегающих землях. Это приводит к активизации процесса заболачивания, оглеения почвенных горизонтов, смене растительности, и т.д (Ивлиева О.В. и др. 2018., Косолапов А.Е. и др.2018).

Низкие берега затопления получили широкое распространение в береговой зоне Цимлянского водохранилища. Такие берега широко распространены по левобережью порта г. Волгодонска до х. Харсеев и далее от х. Красноярский до х. Молокановский, от х. Верхнерубежный до х. Логовский и вверх от х. Логовский. Берег здесь низкий, пологий, крутизна его колеблется в пределах 1° . При наполнении водохранилища до НПУ вода затапливает пологие склоны берега полосой шириной до 200-300 м. И этот затопленный пологий склон служит береговой отмелью, на которой гасятся волны, не вызывая его разрушений. Лишь при уровне воды ниже 36.0 м на некоторых участках берега, там, где имеет место увеличение уклона до $3-5^\circ$ наблюдается его размыв.

Для низких берегов затопления характерны небольшие высоты (от 4 до 0,1 м, в среднем - 1,2 м) и покатые склоны. Берега сложены преимущественно суглинками или толщей, переслаивающихся песков и суглинков. На отдельных участках сформированы пляжи шириной от 10 до 25 метров, в среднем 9,3 м. Зачастую приурезовая зона покрыта густой растительностью (таб. 3.13, 3.14).

В зависимости от процессов, которые протекают на этих берегах, они были разделены на три подтипа: низкие берега затопления (нейтральные); низкие берега затопления (аккумулятивные); низкие берега затопления (абразионные) (таб. 3.15).


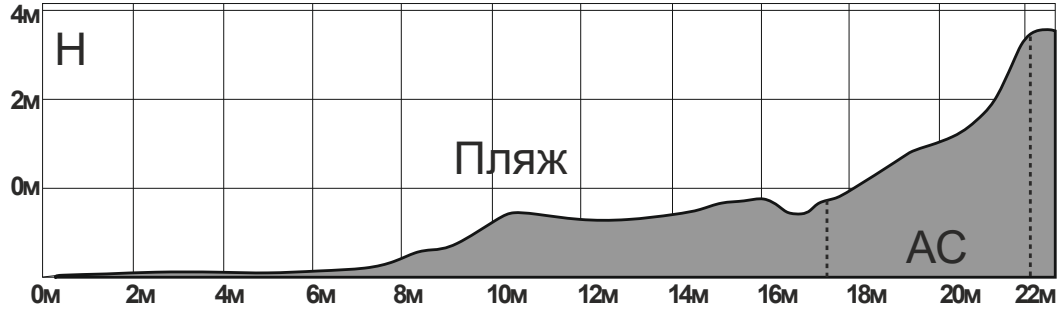

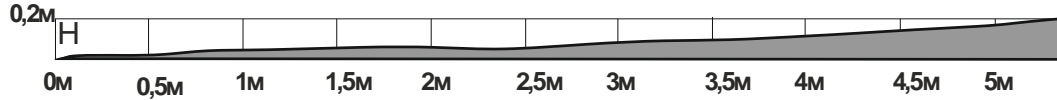
Нейтральные берега представляют собой плоские, выравненные участки с уклонами, близкими к 1° . Они заболочены и поросли растительностью, что свидетельствует о слабом проявлении экзогенных процессов. Превышение над урезом воды составляет не более 0.5 м. Они приурочены к заливам (убежищам). Например: Терновский; Калининский; Суровикинский; Кировский; и др. Они встречаются в том числе в подтопленных оврагах и балках. Примером могут служить балки и овраги на отрезке от Калининского залива, на север до Новоцимлянского залива (правый берег) и от х. Веселый до Жуковского убежища (левый берег).


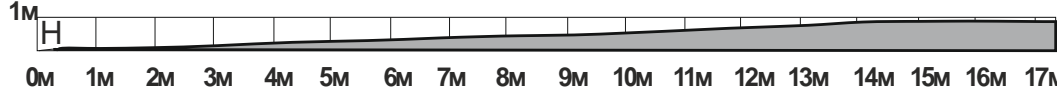

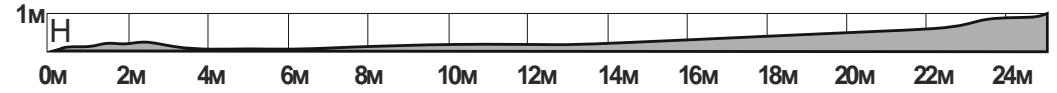
Аккумулятивные низкие берега затопления характеризуются наличием аккумулятивных форм, прежде всего представленных задернованными пляжами,


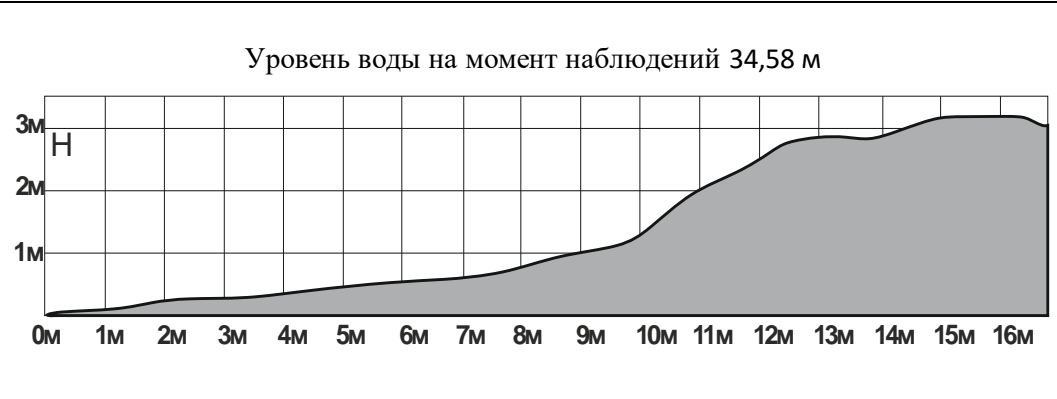


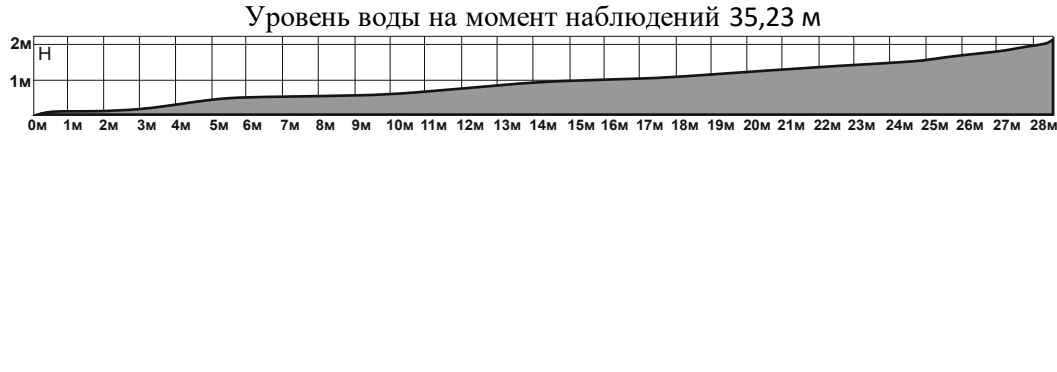
состоящими из песков и суглинков. Сформированные при входе в Терновский, Калининский, Суровикинские и др. заливы, и конусов выноса балок.

Абразионные низкие берега затопления имеют ярко выраженный абразионный профиль берега, но высота которого не превышает 4 м. Берега в основном сложены глинами и суглинками. Встречаются, как и в заливах, так и на участках низких берегов с волновой активностью. На правом берегу водохранилища абразионные берега распространены непосредственно в Терновском заливе и далее до входа в Калининский залив. На левом берегу они зафиксированы на участке от х. Лаговский до х. Молокановский (Чирский участок). Локально встречаются в заливах возле х. Веселый, ст. Нагавская, х. Кривский и ст. Жуковская.

Таблица 3.13. - Фотографии и профили низких берегов затопления Цимлянского водохранилища, со съемок с БЛА (Н - высота относительно уреза воды, АС – абразионная ступень).

№	Географическая привязка	Фото	Профиль
1	6000 м на В от с. Терновская (Восточный вход в Терновский залив)		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,21 м</p> 
2	3000 м. на ЮВ от х. Карноуховский (западный вход в залив)		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,21 м</p> 

3	3200 м. на ЮЗ от х. Новомаксимовский		<p>Уровень воды на момент наблюдений 33,93 м</p> 
4	6100 м. на СВ от х. Верхнерубежный		<p>Уровень воды на момент наблюдений 34,6 м</p> 

5	7500 м. на СЗ от х. Новоромашкин (северный вход в залив)		<p>Уровень воды на момент наблюдений 34,58 м</p> 
6	5400 м. на ЮВ от с. Калининская (восточный вход в залив)		<p>Уровень воды на момент наблюдений 34,87 м</p> <p>Затопленные деревья.</p>
7	7800 м на ЮВ от х. Богатырёв, северный берег залива р. Россошь		<p>Уровень воды на момент наблюдений 35,23 м</p> 

8 5100 м к СВ от х.
Рюмино-Красноярский



Уровень воды на момент наблюдений 34,73 м

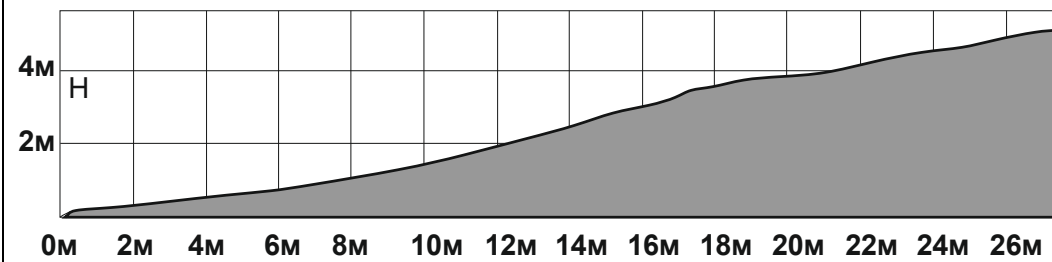





Таблица 3.14. - Фрагмент базы данных морфометрических и морфологических характеристик низких берегов затопления Цимлянского водохранилища, на основе обработки ортофотопланов с БЛА.

№	Географическая привязка	Тип берега	Высота над береговой линией (м)	Уклон склона (°)	Тип уклона по Брауде	Ширина пляжа
1	6000 м на В от с. Терновская (Восточный вход в Терновский залив)	низкий берег затопления (абразионный)	3,8	39,5	чрезвычайно крутой	17,4
2	3000 м. на ЮВ от х. Карноуховский (западный вход в залив)	низкий берег затопления (нейтральный)	0,2	2,49	покатый	задернован
3	3200 м. на ЮЗ от х. Новомаксимовский	низкий берег затопления (нейтральный)	1	3,95	покатый	14,3
4	6100 м. на СВ от х. Верхнерубежный	низкий берег затопления (нейтральный)	1,5	3,43	покатый	23
5	7500 м. на СЗ от х. Новоромашкин (северный вход в залив)	низкий берег затопления (без уточнения)	3	12,68	крутой	10
6	5400 м. на ЮВ от с. Калининская (восточный вход в залив)	низкий берег затопления (без уточнения)	не определён	не определён	не определён	не наблюдается (густая растительность)
7	7800 м на ЮВ от х. Богатырёв, северный берег залива р.Россошь	низкий берег затопления (аккумулятивный)	1,5	До 3	покатый	До 17 м частично покрыт растительностью
8	5100 м к СВ от х. Рюмино-Красноярский	низкий берег затопления (эрозионный)	4,2	10,2	крутой	5

Таблица 3.15. - Примеры низких берегов затопления по подтипам и их профили.

	
<p>А) Низкий берег затопления (абразионный).</p>	<p>Б) Низкий берег затопления (аккумулятивный).</p>
	
<p>В) Низкий берег затопления (нейтральный).</p>	

3.5 Сравнительный анализ Схем типов берегов Цимлянского водохранилища.

Созданный банк данных типов берегов позволил выполнить детальный анализ существующей Схемы типов берегов, разработанной институтом Южгипроводхоз (1982 г.), и внести ряд уточнений и дополнений в указанную Схему. Из обследованных 91-го участка существенные изменения обнаружены на 67: (№4-12, 14-16, 18, 27-32, 36-40, 44-53, 55-60, 62-74, 76-89). Прежде всего, это касается определения типов берегов (рис. 3.6) (Глинка В.В., Беспалова Л.А. и др. 2019; Глинка В.В., Беспалова Л.А. 2019; Скрипка Г.И., Глинка В.В. и др. 2020).

По полученным данным был произведен сравнительный анализ между имеющейся в ГИС проекте Схемой типизации берегов «Южгипроводхоза» (1982 г.) (рис. 3.7) и откорректированной Схемой (2021) на основе БД типов берегов с БЛА (рис. 3.8). Результаты сопоставления этих схем представлены в таблице 3.16 и на рисунке 3.9.

Из диаграммы, составленной согласно Схеме 1982 г. Следует, что берега представлены следующими типами: абразионный 4 % (57,5 км.); абразионно-обвальный 14,9% (213,2 км.); абразионно-оползневой 1,6% (22,5 км.); абразионно-осыпной 2% (29 км.); низкий ровный берег затопления 19,8% (283,3 км.); абразионно-аккумулятивный бухтовый, аккумулятивный 14,4% (206,6 км.); тип не определен (типизация не проводилась) 27,4% (393 км.).

В процессе анализа исходной Схемы «Южгипроводхоза» был выявлен ряд несоответствий типов с фактическим состоянием берегов, а также отсутствие типизация на ряде участков. Согласно Схеме «Южгипроводхоза» на 27% береговой линии тип берега не определен (типизация не проводилась), что составляет 393 км.

Согласно уточненной Схеме (2021 г.), построенной в ГИС, берега представлены следующими типами: абразионные 0,7% (10,4 км.); абразионно-осыпные 0,3% (3,7 км.); абразионно-оползневые 1% (14 км.); абразионно-обвальные 7,1% (101,5 км.); абразионно-аккумулятивно бухтовые 13,9% (198,9 км.); аккумулятивные 0,2% (2,5 км.); низкий берег затопления 17,4% (249,8 км.); низкий берег затопления (абразионный) 7,9% (112,6 км.); низкий берег затопления (аккумулятивный) 2,1% (29,6 км.); низкий берег затопления (нейтральный) 28,2% (404 км.); техногенный 2,4% (34 км.); эрозионный 5,5% (79 км.); тип не определен (запрет на полеты) 1,7% (24,4 км.); тип не определен (не целесообразно обследование БЛА) 8,7% (124,7 км.); тип берегов не определен (требуется до обследование БЛА) 3% (43.5 км.).



Рисунок 3.7. – Схема типов берегов на основе: «Схема улучшения технического состояния и благоустройства Цимлянского водохранилища и его прибрежной полосы. / Южгипроводхоз. - Ростов-на-Дону, 1982.».

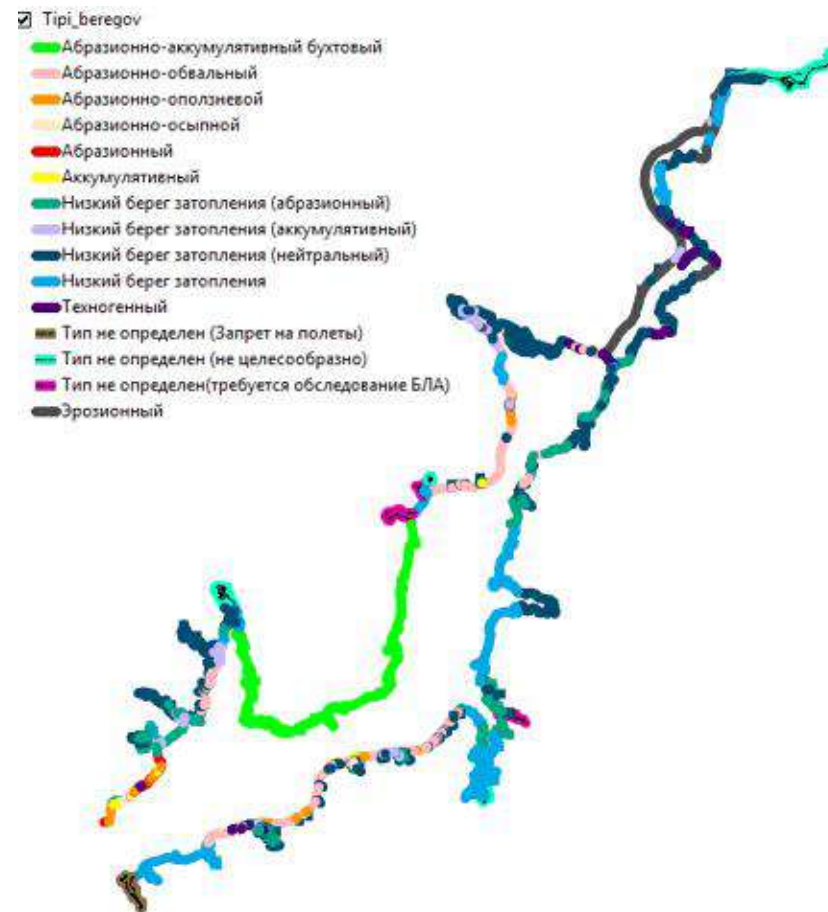
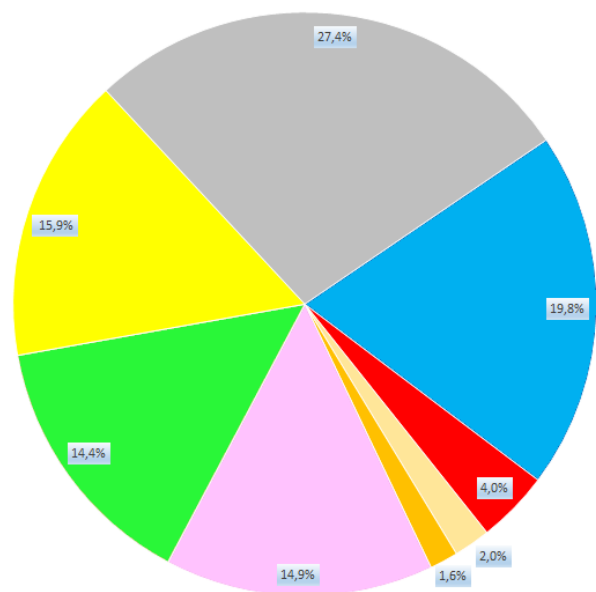


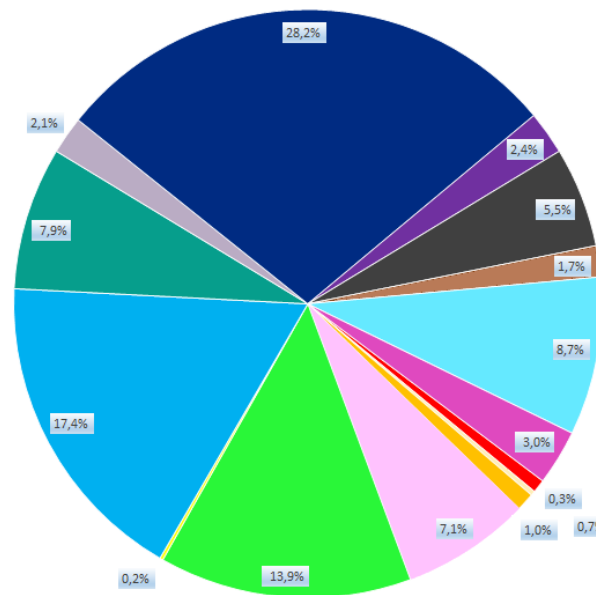
Рисунок 3.8. – Схема типов берегов, разработанная на основе базы данных (2021 г.) съемок с БЛА.

Таблица 3.16 - Сопоставление данных по типам берегов и их протяженность на Схемах Южгипроводхоза (1982 г.) и уточненной (2021 г.).

Схема «Южгипроводхоза» (1982 г.)			Уточненная Схема (2021 г.)		
Тип берега	Протяженность (км)	Процентное соотношение	Тип берега	Протяженность (км)	Процентное соотношение
Абразионный	57,5	4	Абразионный	10,4	0,7
Абразионно-осыпной	29	2	Абразионно-осыпной	3,7	0,3
Абразионно-оползневой	22,5	1,6	Абразионно-оползневой	14	1
Абразионно-обвальный	213,2	14,9	Абразионно-обвальный	101,5	7,1
Абразионно-аккумулятивный бухтовый	206,6	14,4	Абразионно-аккумулятивный бухтовый	198,9	13,9
Аккумулятивный	227,4	15,9	Аккумулятивный	2,5	0,2
Низкий берег затопления	283,3	19,8	Низкий берег затопления (не определенный)	249,8	17,4
Тип не определен(другие значения)	393	27,4	Низкий берег затопления(абразионный)	112,6	7,9
			Низкий берег затопления(аккумулятивный)	29,6	2,1
			Низкий берег затопления(нейтральный)	404	28,2
			Техногенный	34	2,4
			Эрозионный	79	5,5
			Тип берега не определен (запрет на полеты в зонах военных аэродромов и объектов, а также в зоне АЭС)	24,4	1,7
			Тип берега не определен (не целесообразно обследование БЛА, из-за густой растительности в пределах береговой линии и др. факторов)	124,7	8,7
			Тип берега не определен(требуется до обследование при помощи БЛА)	43,5	3,0
Суммарная протяженность берегов	1432,5	100		1432,6	100



- Абразионный
- Абразионно-оползневой
- Абразионно-аккумулятивный бухтовый
- Низкий берег затопления
- Низкий берег затопления(аккумулятивный)
- Низкий берег затопления(нейтральный)
- Низкий берег затопления(абраионный)
- Техногенный



- Абразионно-осыпной
- Абразионно-обвальный
- Аккумулятивный
- Эрозионный
- Тип берега не определен(не целесообразно обследование БЛА)
- Тип берега не определен(запрет на полеты)
- Тип берега не определен требуется обследование БЛА)
- Тип берега не определен(другие значения)

Рисунок 3.9 - Структура типов берегов Цимлянского водохранилища: слева составлена на основе Схемы «Южгипроводхоза» (1982 г.), справа базируется на основе БД съемок БЛА (2021), в %, относительно протяженности береговой линии, установленной в проекте GIS.

Анализ Карта-схем, табличных данных и диаграмм позволил выявить следующие изменения:

1. Участки берегов, которые ранее определялись как «аккумулятивные» были изменены на «низкие берега затопления», т.к. в ходе детального анализа ярко выраженных аккумулятивных форм выявлено не было.

2. Аккумулятивные берега имеют не значительное распространение в уточнённой Схеме, всего 0,3% (2,5 км.) береговой линии. Как говорилось ранее, аккумулятивные берега в уточнённой Схеме представлены аккумулятивными формами. Такими как прислоненные пляжи, мысы, косы, переймы. При этом прислоненные пляжи чаще всего приурочены к абразионным берегам.

3. Выявлены изменения типов берегов на Калачевском участке «выклинивания подпора», в связи с отсутствием волнового воздействия на берега. Здесь главным фактором размыва берегов является боковая эрозия. Примером не корректной типизации могут служить берега на участке от железной дороги возле х. Рычковский Суровикинский район, до х. Большенабатовский (правый берег). Они представлены в Схеме «Южгипроводхоза» как абразионные и абразионно-обвальные. Разрушение берегов на участке происходит за счет эрозионных процессов, следовательно, данные берега являются эрозионными, что обозначено на уточненной Схеме (рис. 3.10, 3.11, 3.12).



Рисунок 3.10. – Пример эрозионных берегов в Калачевском районе (правый берег) (А).



Рисунок 3.11. – Пример эрозионных берегов в Калачевском районе (правый берег) (Б).



Рисунок 3.12. – Пример эрозионных берегов в Калачевском районе (левый берег).

В уточненной Схеме протяженность эрозионных берегов достигает 79 км. (5,5%). Большая часть берегов данного типа встречается на правом берегу Калачевского района и локально на левом берегу, а также в Суровикинском р-не в устье реки Чир. В плане геологического строения берега разнообразны: в Калачевском районе на правом высоком берегу сложены суглинками, алевролитами, песчаниками; на левом берегу - песком с прослоями глин (в зонах с развитием боковой эрозии); в Суровикинском районе встречается локально и сложен переслаиванием песков и суглинков.

4. Абразионно-осыпные берега, представленные в Схеме (1982 г.), приурочены к участку «выклинивания подпора» в Калачевском районе, также должны быть отнесены к эрозионным, из-за отсутствия выраженных абразионных процессов.

В результате к типичным абразионно-осыпным берегам могут быть отнесены участки возле п. Саркел Цимлянского р-на (правый берег), а также локально в заливе х. Кривский Дубовского р-на (левый берег). Что показано в уточненной Схеме (2021 г.) доля этого берега составляет 3,7 км. (0,3%).

5. На уточненной Схеме низкие берега затопления по преобладающему процессу были классифицированы на 3 подтипа: низкий берег затопления (абразионный); низкий берег затопления (аккумулятивный); низкий берег затопления (нейтральный).

Там, где полученных при помощи БЛА данных не хватает для точной классификации низкого берега затопления на подтипы, берег определялся как «низкий берег затопления». Связано это в первую очередь с сильной задернованностью берегов и наличием зон осушки, где урез воды не определяется.

6. На уточненной Схеме (2021 г.) общее расположение абразионно-оползневых берега значительных изменений не претерпело. Однако, применение БЛА обследования и дальнейшая обработка полученных материалов позволило выделить абразионно-оползневые берега локально, там, где в данный момент происходят оползневые процессы. Общая протяжённость абразионно-оползневых берегов составляет 14 км. (1%).

7. В уточненную Схему были внесены правки по типизации берегов в пределах не больших балок и оврагов. В основном они были отнесены к низким берегам затопления. Примеры представлены на рисунках 3.13, 3.14.

8. Изменение типа абразионного берега (Схема 1982 г.), в заливе возле х. Красноярский (Котельниковский р-н). На уточненной Схеме они определены как низкие берега затопления (абразионные), т.к. высота берегового обрыва варьируется от 1 до 4 м. и в среднем на участках составляет 1.5-2 м., что является характерным признаком низких берегов затопления (абразионных) (рис. 3.15, 3.16).

В результате внесенных изменений, а также с учетом смены абразионных типов берегов на эрозионные (п.3) доля абразионных берегов (абразионные, абразионно-обвальные; абразионно-оползневые) в уточненной Схеме составляет 9 % (129,6 км.), по сравнению с исходной Схемой (1982 г.): 22,5 % (322,2 км.).

9. Остался без изменений тип берега (абразионно-аккумулятивный бухтовый) в районе заказника Цимлянские пески, т.к. БЛА обследование осложняется густой растительностью и труднодоступным подходам к береговой линии, обследовать данный участок при помощи БЛА удалось частично. Большая часть материала имеется в виде видео материалов и фотографий видом с боку.



Рисунок 3.13. - Уточненная Схема (2021).



Рисунок 3.14. - Схема проекта ГИС на основе данных «Южгипроводхоза».

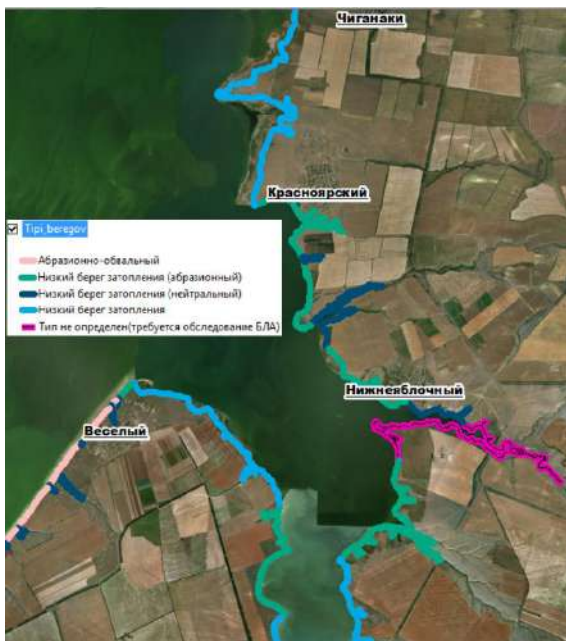


Рисунок 3.15. - Уточненная Схема (2021).



Рисунок 3.16. - Схема проекта ГИС на основе данных «Южгипроводхоза».

10. Помимо уже представленных ранее новых типов классификации берегов в Схему были добавлены такие берега, как техногенные, которые характеризуются берегозащитными сооружениями, водозаборами и другими антропогенными объектами, представленными на рисунках 3.17 - 3.20. Общая протяженность техногенных берегов по данным наблюдений БЛА составляет 34 км (2,4%).

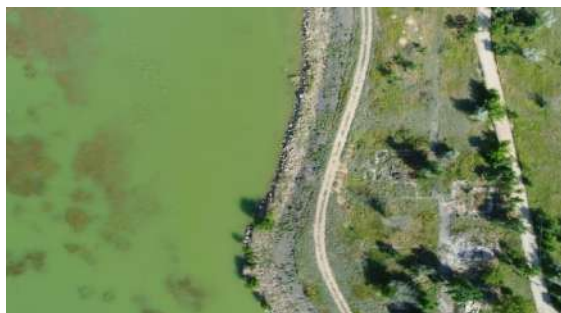


Рисунок 3.17 – Пример техногенных берегов А) Берегоукрепление (из карбочатых габионов. ст. Жуковской.



Рисунок 3.18 – Пример техногенных берегов Б) Каменная наброска х. Овчинников.



Рисунок 3.19 – Пример техногенных берегов В) Бетонный откос с. Жуковская.



Рисунок 3.20 – Пример техногенных берегов Г) Стенка из ступенчатых габионов г. Цимлянск.

11. Берега, тип которых на Схеме (1982 г) был не определен, на уточнённой Схеме благодаря съёмкам с БЛА частично удалось типизировать. Та часть берегов, которые не удалось классифицировать на уточненной Схеме (2021) подразделяются по ряду причин:

- *запрет на полеты* (24,4 км., 1,7%). Запрет на полеты в зонах военных аэродромов и объектов, а также в зоне АЭС.
- *не целесообразно обследование БЛА* (124,7 км., 8,7%). Не целесообразно обследование БЛА, из-за густой растительности в пределах береговой линии и др. факторов
- *требуется обследование БЛА* (43,5 км., 3%). На данных участка обследование еще не проводилось, но планируется.

Участки, где берега являются не определенными и существует запрет на полеты БЛА, находятся в районе Ростовской АЭС; и военных базах. К участкам берегов, где проведение полетов не целесообразны относятся: берега с густой древесно-кустарниковой растительностью, приуроченные к устьевым областям рек, впадающих в водохранилище), и верхнем участке водохранилища (Калачевский участок, от х. Большенобатовский до х. Вертячий) (рис. 3.21, 3.22).



Рисунок 3.21 – Пример участка, где БЛА обследование не целесообразно.

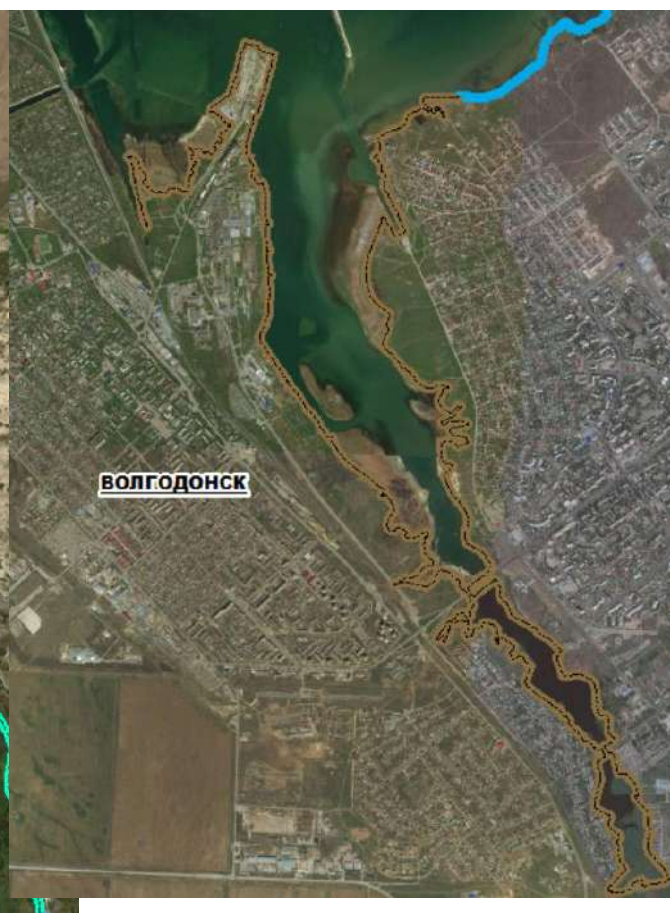


Рисунок 3.22 – Участок, где тип берега не определен и существует запрет на полеты БЛА.

Выводы:

1. База данных позволила систематизировать специальным образом организованные данные, включая фото и видео материалы, графические приложения, табличные данные, программное обеспечение (Agisoft Photoscan,, ArcGIS и др.) картографических материалов содержащих информацию о берегах Цимлянского водохранилища.

2. Выполнен анализ банка данных типов берегов схемы Южгипроводхоза(1982) на 91 участке соответствующем тому или иному типу берега. Для каждого участка сформирована локальная база данных, которая требует доработки в связи с созданием уточненной Схемы типов берегов (2021 г.) по полученным данным с БЛА.

3. На основе анализа банка данных типов берегов и их морфологических и морфометрических характеристик выполнена ревизия типов берегов выделенных участков. Изменения коснулись 67 участков, что позволило откорректировать имеющуюся Схему (Южгипроводхоз (1982). Результатом этих корректировок явилась практически новая Схема типов берегов Цимлянского водохранилища.

4. По данным материалов съемок с БЛА были исследованы морфометрические характеристики современных типов берегов Цимлянского водохранилища. Показано разнообразие, казалась бы, однотипных берегов и их параметров. Доказана возможность использования съёмок с БЛА для мониторинга берегового рельефа ВЗ.

4. Глава. Оценка опасных экзогенных геологических процессов.

4.1 Интенсивность проявления абразионных процессов.

Цель исследования - оценка проявления опасных абразионных процессов на основе материалов стационарных наблюдений на реперной сети за период 1953 по 2016гг. и данных мониторинга берегов Цимлянского водохранилища с беспилотных летательных аппаратов (БЛА), в 2017-2021 году.

В результате исследований установлено, что современный период характеризуется стабилизацией береговых процессов, исключение составляют приплотинные участки водохранилища, где активность проявления абразионно-оползневых процессов сохраняется. Особенно сильные изменения наблюдались после прохождения шторма в мае 2018 г.

4.1.1 Материалы и методы оценки интенсивности проявления абразионных процессов.

Для хозяйственного освоения в пределах водоохранной зоны не маловажную роль играет положение береговой линии. То есть представленный параметр играет существенное, а часто и решающее значение при принятии управленческих решений по отношению к осуществлению природоохранной и хозяйственной деятельности (Скрипка Г.И., Сердюк Л.В. и др. 2020).

В основу оценки интенсивности абразионных процессов были положены обработанные материалы стационарных наблюдений на реперной сети ФГУ «УВРЦВ за период 1953 – 2016 гг. (таб. 4.1) (Косолапов А.Е., Скрипка Г.И. и др. 2017).

Было произведено уточнение интенсивности абразионных процессов по данным мониторинга берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов 2017-2021 г.

В настоящее время ФГУ «УВРЦВ» ведёт наблюдения за продвижением бровки коренного берега на участках, наиболее подверженных абразионным процессам на 60 створах.

Несмотря на относительную стабилизацию, переработка берегов продолжается, т.к. водохранилище характеризуется широким распространением лессовидных пород и аллювиально-флювиогляциальных песков, низкой лесистостью, а также широким распространением экологически неадаптивных форм природопользования. Вышеуказанные факторы способствуют развитию овражно-балочной сети ВЗ. (Косолапов А.Е., Скрипка Г.И. и др. 2017).

Существующая наблюдательная сеть государственного мониторинга водных объектов (ГМВО) по объективным причинам не может дать полную картину об изменениях береговой линии и, следовательно, достоверного прогноза смещения бровки обрыва на всем протяжении побережья водного объекта. В этой связи была осуществлена апробация по использованию для этих целей БЛА, что дало возможность уточнить и дополнить уже проведенные исследования.

В основу уточнения схемы интенсивности абразии были положены материалы (ортофотопланы), полученные в ходе работ РосИНВХЦ в период с 2017 по 2021г.

Изменения морфологического состояния берегового уступа проводились путем анализа ортофотопланов береговой зоны водохранилища, которые строились на основе полученных фотоматериалов. (Никифоров А.А. 2017).

Для выявления произошедших изменений на исследуемых участках побережья водохранилища осуществлялось взаимное позиционирование ортофотопланов, путем "привязывания" ортофотопланов друг к другу по опорным точкам. Опорными точками могли служить как антропогенные объекты, так и реперные сети (рис. 4.1; 4.2).



Рисунок 4.1. - Сопоставление "методом сдвига" материалов обследований блокового оползня на берегу Цимлянского водохранилища, полученных с использованием беспилотного летательного аппарата.

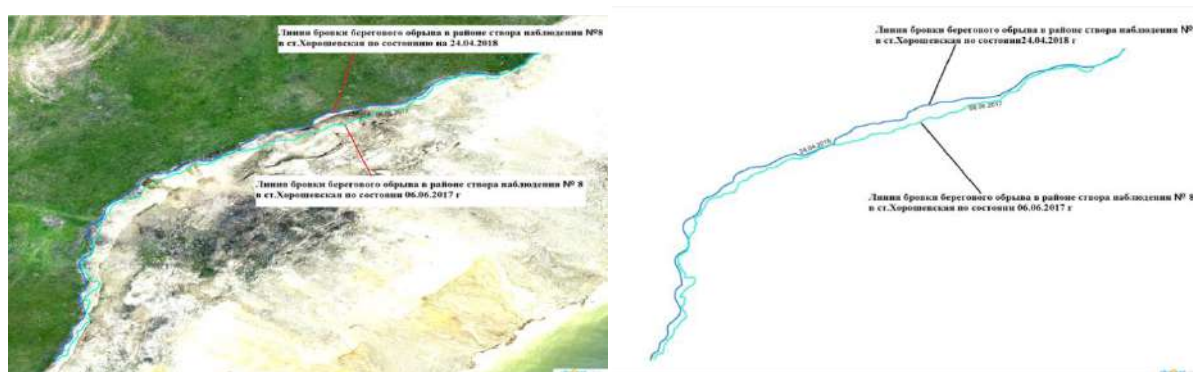


Рисунок 4.2 - Сопоставление "методом маркировки" материалов обследований бровки берегового уступа Цимлянского водохранилища, полученных с использованием БЛА.

Данным методом осуществлена оценка изменения положения бровки для участков:

- В границах ст. Хорошевской (Цимлянский район);
- от Харсеевского залива до рыбцеа ИП Терехова на западной окраине ст. Жуковской;
- от устья б. Крестовая до левого мыса Кривского убежища;
- в границах ст. Нагавская Котельниковского района Волгоградской области;
- в границах х. Весёлый Котельниковского района Волгоградской области;
- от репера РосИНВХЦ № 12 до левого мыса Кривского убежища;
- от правого мыса Кривского убежища до устьевой части залива, расположенного к западу от ст. Нагавской;

4.1.2 Изменения бровки берегового обрыва, зафиксированные при помощи БЛА

Участок берегового обрыва в границах ст. Хорошевской (Цимлянский район).

Дистанционное обследование данного участка осуществлялось три раза: в июне 2017 г., апреле 2018 г. и марте 2019 г. Взаимное позиционирование ортофотопланов выполнено для

водоохранной зоны в районе расположения створов сети ГМВО №7 и 8, на интервале протяженность около 400 м. Дополнительная наблюдательная сеть на участке не создавалась. В качестве опорных точек использованы антропогенные, реже природные, объекты, не менявшие своего положения за период между наблюдениями (рис. 4.3).

Анализ полученных материалов (рис. 4.4) показывает, что за рассматриваемый период береговой обрыв на данном участке оставался относительно стабильным за исключением обрушений двух блоков площадью от 70 до 150 м², в результате которых произошло смещение бровки обрыва на расстояние до 5м. Оба блока не попадают на линии створов сети ГМВО и соответственно изменения положения бровки берегового обрыва по ним зафиксировано не было.



Рисунок 4.3. - Фрагмент ортофотоплана с расположением опорных точек, использованных для их взаимного позиционирования.

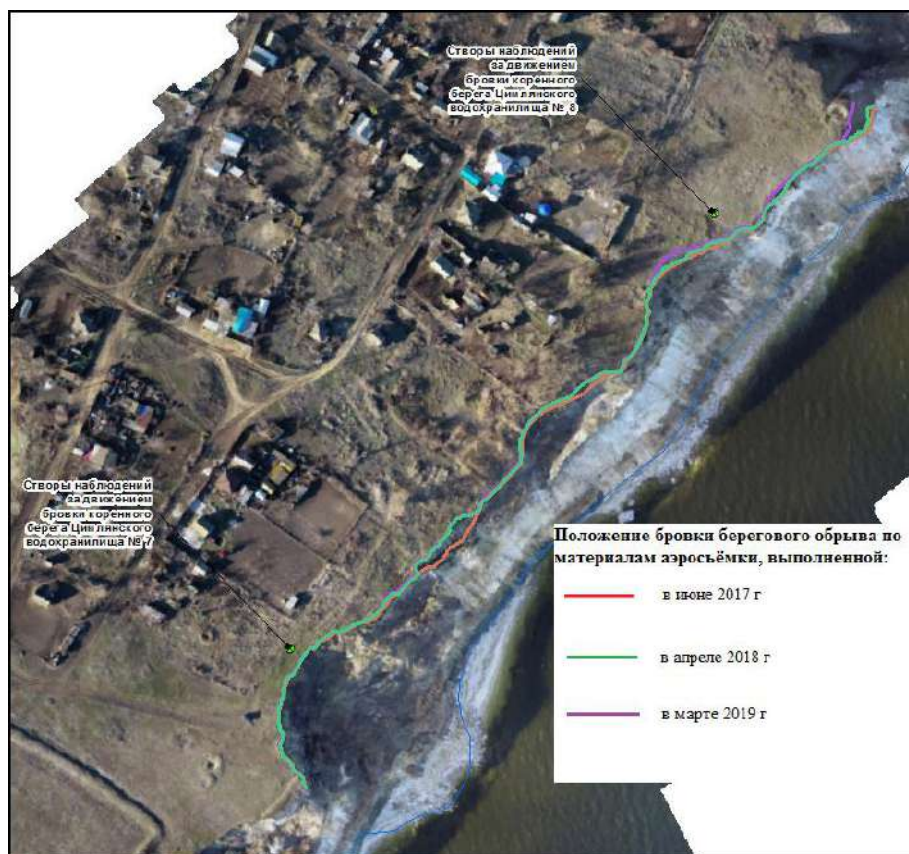


Рисунок 4.4 - Изменение положения бровки берегового обрыва по данным аэросъёмки с БЛА в районе створов сети ГМВО №№ 7 и 8.

Участок от западной окраины х. Овчинников (Единый водозабор ЦОС) до с-з окраины ст. Жуковской (рыбцех ИП Терехова)

Дистанционные с использованием БЛА и наземные наблюдения за состоянием берегов и водоохранной зоны данного участка в рамках работ ФГБУ РосИНВХЦ регулярно проводятся с 2017 года. Всего с июня 2017 года по ноябрь 2019 года аэросъёмка данного интервала осуществлялась 7 раз. Обследования, проводившиеся до марта 2018 года не выявили существенных изменений конфигурации берега. В мае 2018 года при достижении НПУ на водохранилище произошёл шторм, продолжавшийся несколько дней и приведший к отступанию бровки берегового уступа на несколько метров.

Изменения конфигурации берегового обрыва после прохождения шторма в мае 2018 года. Послештормовые обследования проведены на участке от правого мыса Харсеевского залива до залива, ограничивающего с с-з ст. Жуковскую. В начале июня проведено наземное обследование в конце июня выполнена аэросъёмка, в ходе которых были зафиксированы разрушения берега, как в границах х.Овчинников, для защиты которого от размыва в 2007 году были построены берегозащитные сооружения, так и на незащищённом интервале между х.Овчинников и ст.Жуковская. Для этого участка проведено наложение ортофотопланов, построенных по полётам, выполненным до шторма (июнь 2017г. и март 2018г.) и после шторма

в июле 2018 г. В качестве 10 опорных точек для взаимной "привязки" разновременных ортофотопланов выбраны стационарные антропогенные объекты на территории х. Овчинников (8 шт.), один антропогенный объект (угол здания рыбцеха) в крайней восточной точке участка, и один природный объект, расположенный примерно в 700-х метрах от восточной окраины х.Овчинников.

Анализ полученных материалов показал, что максимальные разрушения берегозащитного сооружения отмечены на его восточном фланге, где на протяжении 200 метров не только фактически полностью разрушены сами сооружения, но и размыв берег на глубину 5 и более метров за внутренней границей габионов (рис.4.5, 4.6).

Крайний западный участок берегозащитного сооружения в районе Единого водозабора ЦОС, выполненный в виде наброски из крупно глыбового материала, пострадал от воздействия шторма гораздо меньше. Здесь отмечены незначительные разрушения берегозащитного сооружения с локальным размывом берега и частичной потерей каменного материала (рис. 4.7).

На незащищённом интервале отступление берега так же составило от 5 до 12 метров (рис. 4.8, 4.9). В целом новая линия берегового обрыва повторяет рисунок старого обрыва, в том числе все крупные изгибы. В то же время она отличается обилием мелких изгибов, тогда как у "доштормового" берега они были сглажены волновой деятельностью.

Площадь размыва неукреплённого участка берега между х. Овчинников и ст. Жуковская, определённая по материалам дистанционного зондирования, составила 20524,46 кв м.

Сопоставимость параметров размыва укреплённого и незащищённого берега может быть объяснена тем обстоятельством, что участок с габионными сооружениями располагается ближе к устью Жуковского убежища, практически является берегом открытой части приплотинного участка водохранилища. И, следовательно, энергия волны здесь максимальная. По мере прохождения вглубь залива энергия волны постепенно уменьшается, и она теряет свою разрушительную силу.

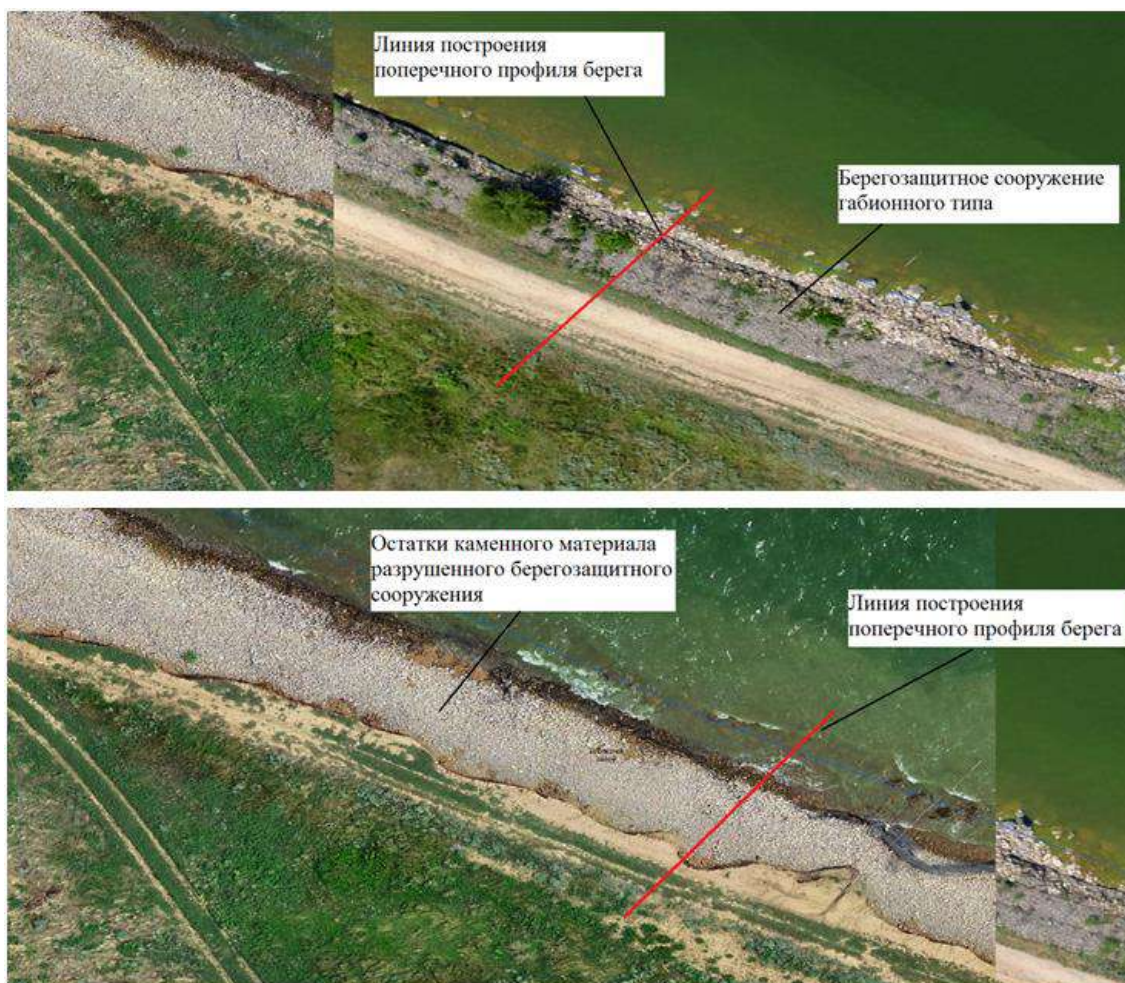


Рисунок 4.5. – Разрушение берегозащитных сооружений и размыв берега в х.Овчинников в результате шторма в мае 2018 г. Справа - фрагменты ортофотоплана, составленного по материалам, полученным до прохождения шторма, слева – после шторма.

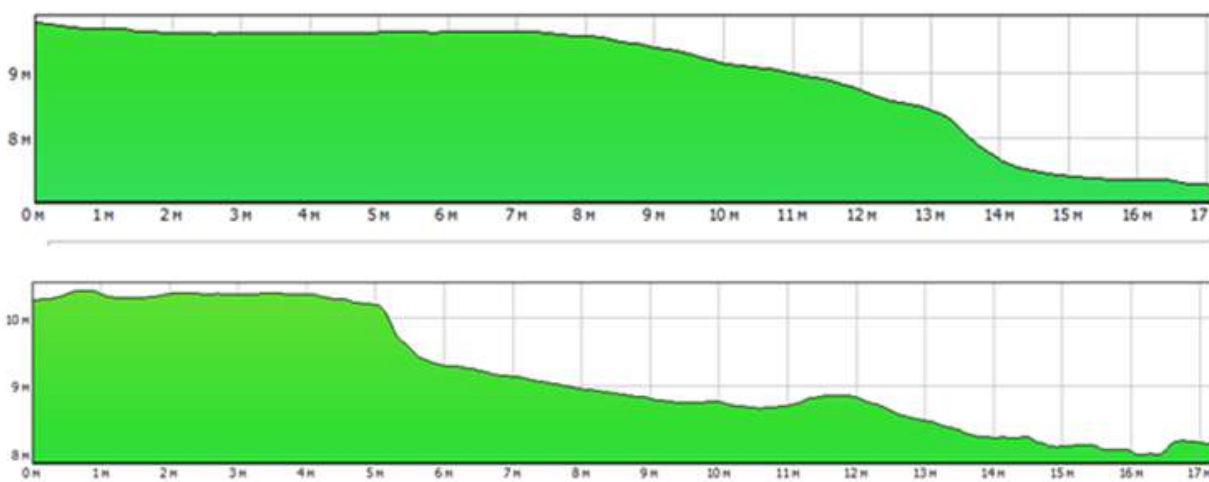


Рисунок 4.6. – Поперечный профиль берега, укрепленного габионами, в х.Овчинников. Вверху до прохождения шторма в мае 2018г, внизу – после шторма.

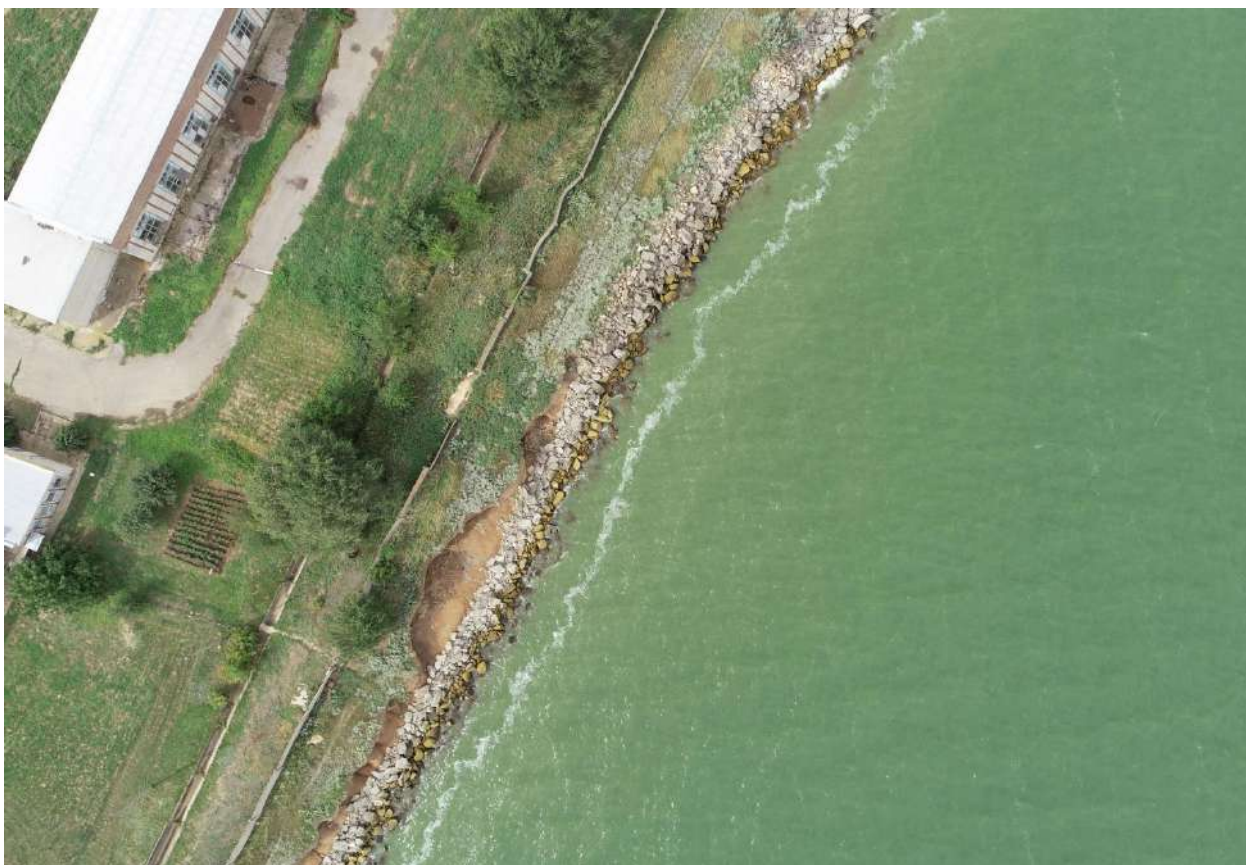


Рисунок 4.7 – Состояние берегозащитных сооружений в х.Овчинников возле Единого водозабора ЦОС после прохождения шторма в мае 2018г.



Рисунок 4.8 – Изменение положения бровки берегового обрыва на незащищённом участке между х. Овчинников и ст. Жуковская. Слева от вертикальной разделительной линии фрагмент ортофотоплана, составленного по материалам съёмки с БЛА до прохождения шторма, справа – после прохождения шторма в мае 2018 г.

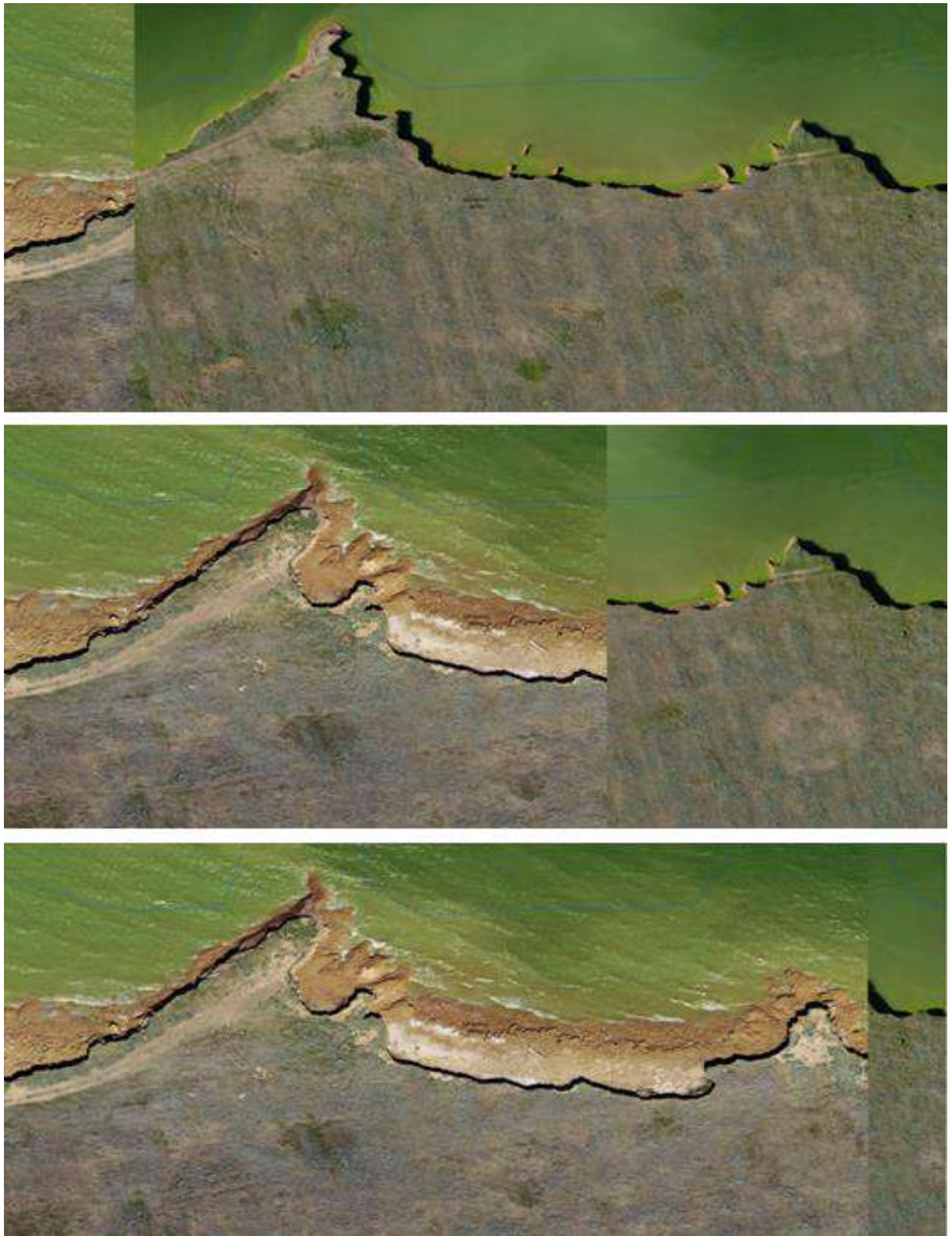


Рисунок 4.9 - Изменение положения бровки берегового обрыва на незащищённом участке между х. Овчинников и ст.Жуковская. Справа от разделительной вертикальной линии фрагменты ортофотоплана, составленного по материалам съёмки с БЛА до прохождения шторма, слева – после прохождения шторма в мае 2018 г.

Изменение положения бровки берегового обрыва за период с августа 2018 г по март 2019 г.

В течение рассматриваемого периода уровень воды в водохранилище не поднимался выше 35 м БС.

На интервале от ю-в окончания разрушенных в результате шторма берегозащитных сооружений в х. Овчинников до рыбцеа ИП Терехова взаимное позиционирование ортофотопланов показало отсутствие значимых изменений положения бровки берегового уступа за рассматриваемый период времени (рис. 4.10). Исключения составляют три выступавших в сторону акватории залива блока, площадью от 5 до 15 м², разрушенные волновой деятельностью.

Поскольку граница берегового уступа на этом интервале в марте 2019 года практически полностью соответствовала положению, установленному по материалам обследования с БЛА в августе 2018 года, можно констатировать, что в целом сохраняется конфигурация берега, сформированная в результате шторма в мае 2018 года, прошедшего при НПУ.

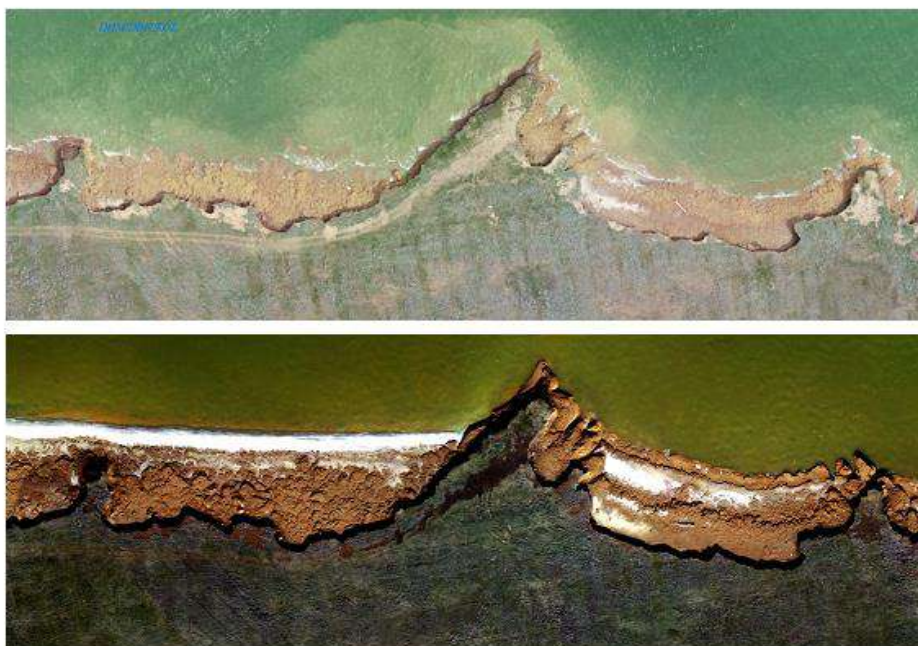


Рисунок 4.10 - Конфигурация бровки берегового обрыва в районе х. Овчинников. Вверху съёмка в августе 2018 года, внизу в марте 2019 года.

Участок: балка Крестовая - Кривское убежище (Дубовский район)

Данный участок является объектом регулярных наземных и дистанционных обследований с целью разработки методики использования БЛА для мониторинга изменения положения бровки обрыва берегов абразионных типов. За время проведения работ побережье данного интервала было обследовано с помощью БЛА 10 раз.

Изменение положения бровки берегового обрыва за период с марта 2018 года по ноябрь 2019 года.

Представление о деформациях берегового обрыва за указанный период времени даёт взаимное позиционирование ортофотопланов, построенных по материалам полётов БЛА, выполненных в указанные даты.

Выявлено существенные изменения конфигурации бровки берегового обрыва. Отмечено обрушение блоков линзовидной формы на востоке (рис. 4.11) и западе (рис. 4.12) обследованного участка. Вероятно, отмеченные деформации связаны с воздействием шторма, проходившего в мае 2018 года при НПУ воды в водохранилище. Обрушения крупных блоков горных пород могло происходить непосредственно во время шторма, или через какое-то время после его прохождения, вследствие нарушения устойчивости берегового обрыва. При этом все наиболее значительные смещения бровки берегового обрыва не попадают на линии створов сети ГМВО (рис. 4.13).

Обследования с использованием БЛА данного участка в сентябре 2018 года новых, по сравнению с августом, заметных изменений положения бровки берегового обрыва не выявили.



Рисунок 4.11 - Границы блоков горных пород, разрушенных в результате проявления ЭГП на восточной окраине х. Кривский в период с марта 2018 г. по август 2018 г.

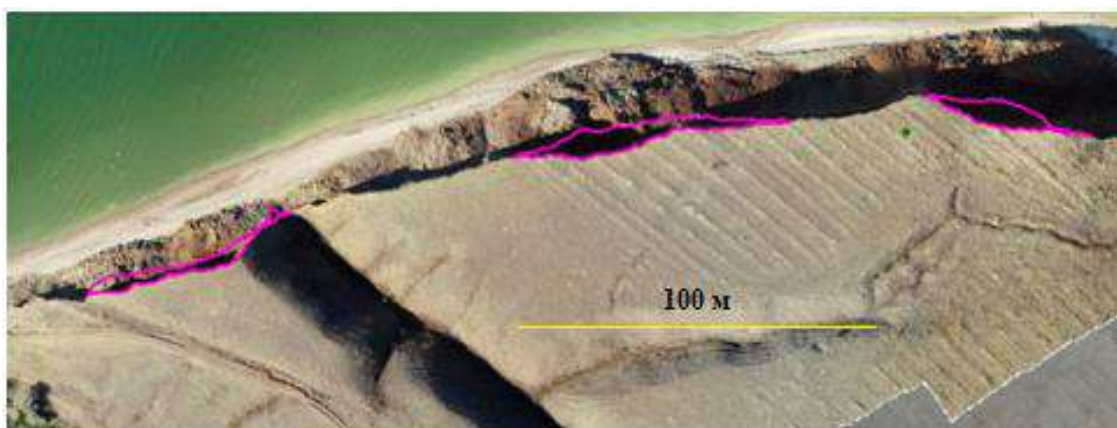


Рисунок 4.12 - Границы обрушения берегового обрыва в 1км к западу от х. Кривский в период с марта 2018 г. по август 2018 г.



Рисунок 4.13 - Расположение блоков горных пород, обрушившихся в период с марта 2018 года по август 2018 года, относительно створов сети ГМВО.

Изменение положения бровки берегового обрыва за период: сентябрь 2018 - ноябрь 2019 г.

Новое дистанционное обследование состояния берегов Цимлянского водохранилища на рассматриваемом участке было проведено в августе 2019 года.

Взаимное наложение ортофотопланов, построенных по материалам съёмок сентября 2018 г. и августа 2019 г. свидетельствует, что за прошедший год формирование планового рисунка бровки берегового обрыва происходило путём хаотичного обрушения на разных интервалах блоков горных пород, вытянутых вдоль бровки обрыва (рис. 4.14). В большинстве случаев ширина блоков обрушения, определённых по материалам дистанционного обследования, составляет первые десятки сантиметров при протяженности до нескольких метров. Выделение объектов таких размеров находится на границе точности метода. Поэтому деформации линии бровки обрыва на этих интервалах следует рассматриваться как "предполагаемые".

В то же время на нескольких участках, преимущественно на интервале от восточной окраины хутора до входа в Кривское убежище, зафиксировано обрушение берегового уступа шириной от 1 до 6,5 м при длине от 10 до 80 м.

Значительное отступление бровки обрыва вследствие обрушения крупных блоков выявлено так же восточнее створа № 16 сети ГМВО (рис. 4.15) и в местах расположения реперов R₁ и R₃, установленных ФГБУ РосИНВХЦ для наблюдений с БЛА (рис. 4.16, 4.17). Суммарная площадью этих блоков составляет 550 м².

Общая площадь потерь земли, определённая по материалам, полученным с помощью БЛА, с учётом мелких блоков составила 1830 м². На крупные блоки, достоверность выделения которых не вызывает сомнений, приходится более 1000 м².

В дальнейшем видимо произошла временная стабилизация. По крайней мере, на ортофотопланах участка, построенных по материалам полетов в конце октября - начале ноября 2019 года, изменений конфигурации бровки берегового обрыва не выявлено.

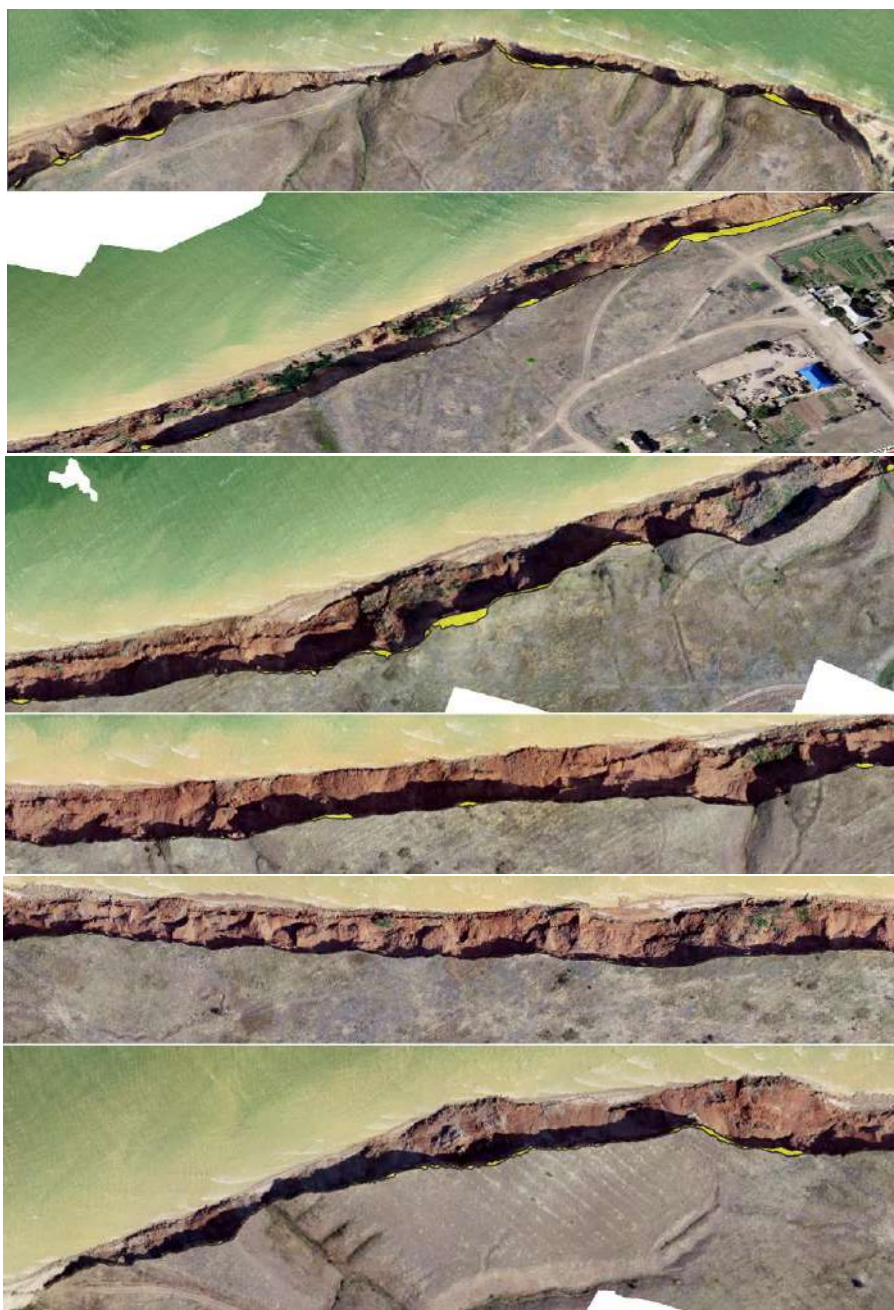


Рисунок 4.14 - Места обрушения блоков горных пород шириной от 1 метра и более на интервале от устья б. Крестовой (левый угол нижнего рисунка) до входа в Кривское убежище (правый угол верхнего рисунка) за период с сентября 2018 г. по август 2019 г.



Рисунок 4.15 - Отступление бровки берегового обрыва за период с сентября 2018г. по август 2019 г. в районе створа № 16 сети ГМВО.

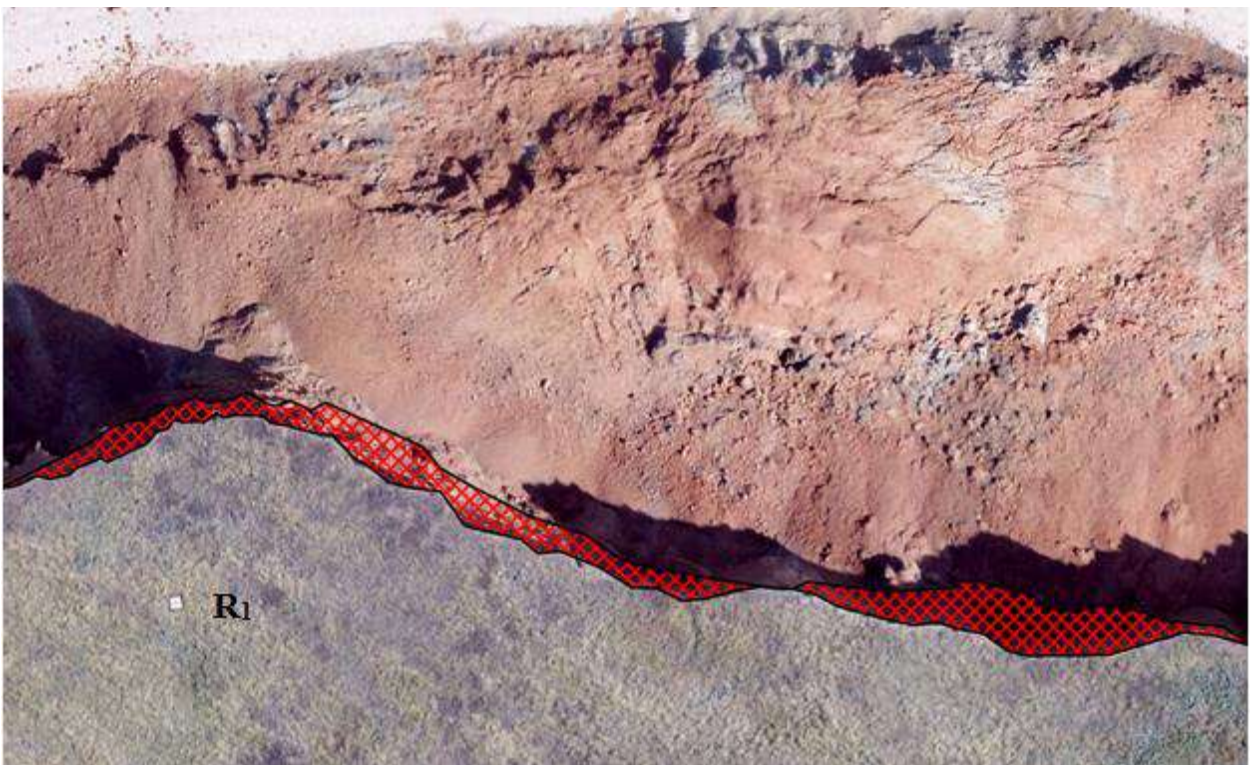


Рисунок 4.16 - Отступление бровки берегового обрыва за период с сентября 2018г. по август 2019 г. в районе репера R₁, установленного ФГБУ РосИНВХЦ.

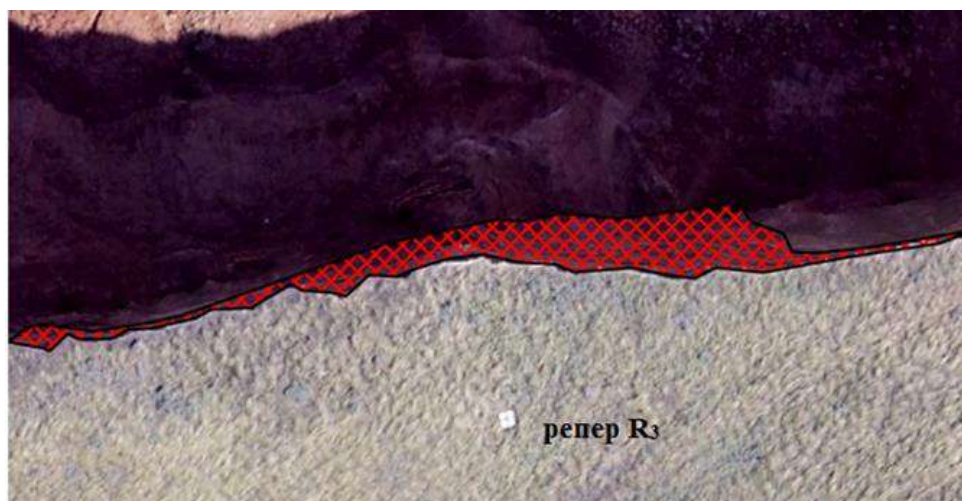


Рисунок 4.17 - Отступление бровки берегового обрыва за период с сентября 2018г. по август 2019 г. в районе репера R₃, установленного ФГБУ РосИНВХЦ.

Участок на территории хутора Весёлый и станицы Нагавская (Котельниковский район)

Обследования на заданном участке проводились с лета 2017 года.

Изменения конфигурации берегового обрыва после прохождения шторма в мае 2018 года.

С целью оценки последствий шторма для указанных населённых пунктов проведено взаимное позиционирование ортофотопланов, построенных по материалам съёмок с БЛА, выполненных в мае 2017 года и в сентябре 2018 года. Наземные наблюдения на данной территории показывают, что значительных изменений положения бровки берегового уступа за рассматриваемый период ни до шторма в конце мая 2018 года, ни после его прохождения не происходило. Поэтому изменение положения бровки уступа, оцифрованной по материалам, полученным в результате указанных полётов БЛА, соответствует величине отступления берега в результате шторма.

Фрагменты ортофотопланов х.Весёлый и ст. Нагавская с маркировкой положения бровки берегового уступа до и после шторма представлены на рисунках 4.18 - 4.22.

На обоих участках берега сложены легко размываемыми глинистыми породами и относятся к абразионно-обвальному типу. Высота берегового уступа изменяется от 2-х до 6 метров. Величина отступления берега преимущественно колеблется от 5 до 15 метров. На отдельных интервалах она может уменьшаться до 1-1,5 метров или возрастать до 30-35 метров. При этом на западной окраине х. Весёлый в районе жилой застройки берег отступил минимум на 10 – 12 метров.

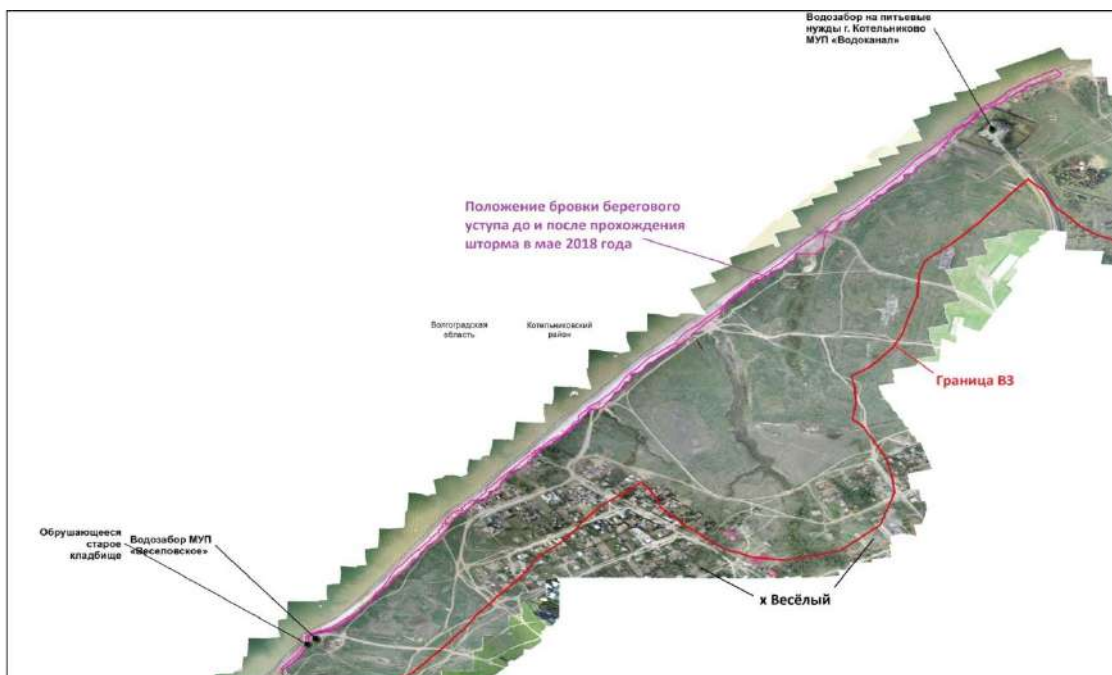


Рисунок 4.18 - Положение бровки берегового уступа до и после прохождения шторма в мае 2018 года на территории х. Весёлый Котельниковского района Волгоградской области.



Рисунок 4.19 - Положение бровки берегового уступа до и после прохождения шторма в мае 2018 года на территории ст. Нагавская Котельниковского района Волгоградской области.



Рисунок 4.20 - Фрагменты ортофотопланов территории жилой застройки в х.Весёлый с маркировкой положения бровки берегового уступа: вверху - до шторма, внизу - после прохождения шторма.

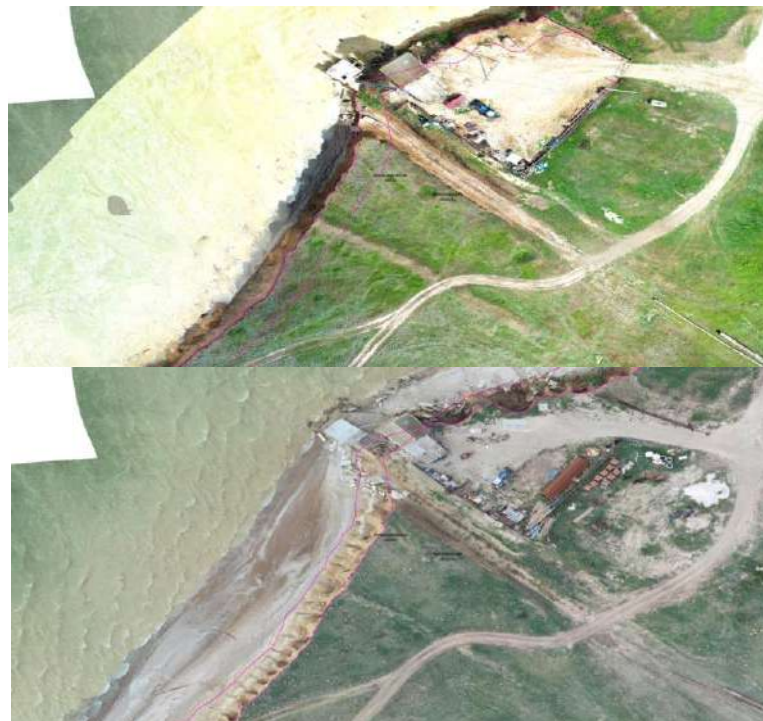


Рисунок 4.21 - Фрагменты ортофотопланов территории водозабора МУП "Весёловское" и закрытого кладбища в х.Весёлый с маркировкой положения бровки берегового уступа: вверху - до шторма, внизу - после прохождения шторма.

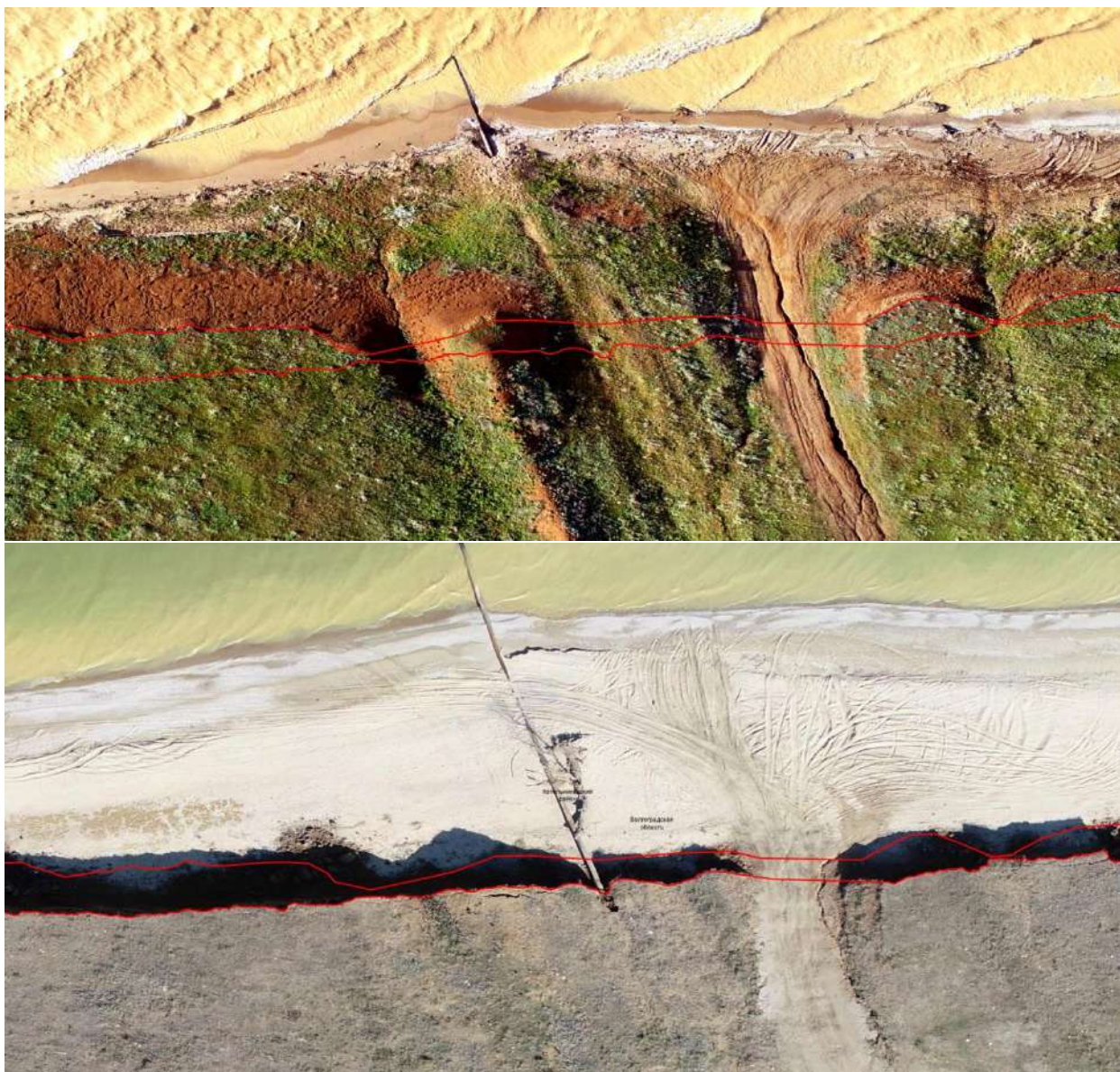


Рисунок 4.22 - Фрагменты ортофотопланов территории водоохранной зоны в районе водозабора НОТ "Нагавское" в ст. Нагавская с маркировкой положения бровки берегового уступа: вверху - до шторма, внизу - после прохождения шторма.

Изменение конфигурации берега водохранилища на территории хутора Весёлый и станции Нагавская за период с сентября 2018 г - август 2019 г.

Сравнение материалов дистанционного обследования территории ст. Нагавской и х. Весёлый, проведённых в августе 2019 года с материалами обследований, выполненных в сентябре 2018 года, показало практически полное сохранение положения бровки берегового уступа на всём протяжении обследованных интервалов.

4.1.3 Общая Оценка Интенсивности абразии берегов Цимлянского водохранилища

В ходе анализа литературных и фондовых данных (института Южгипроводхоза, института Гидропроект, ФГУ УВРЦВ) и дополнением их осовремененными данными наблюдений при помощи БЛА (представленных выше) мы получили возможность оценить

скорость абразии за весь период существования водохранилища (Отчёт о натуральных обследованиях Цимлянского водохранилища и его береговой зоны, выполненных в 2012-2013. 2013., Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Цимлянского района Ростовской области. 2013., Лопухин С.А. 1966).

Уже имеющаяся схема продвижения берегов (2011-2016) была дополнена и уточнена по данным наблюдений 2017-2021 годов при помощи БЛА (рис. 4.23, 4.24) (Косолапов А.Е., Скрипка Г.И. и др. 2017; Скрипка Г.И., Ивлиева О.В. 2020; Ивлиева О.В., Беспалова Л.А. и др. 2021). Для дальнейшей геоэкологической оценки, описанной в главе 6, представлена шкала ранжирования степени интенсивности проявления экзогенных геологических процессов (таб.4.2).

Таблица 4.1 – Интенсивность продвижения берегов Цимлянского водохранилища

Местонахождение створа наблюдений	Интенсивность продвижения коренного берега за год (м/год)		
	1953 - 1994 гг.	1995 - 2011 г.г.	2011-2016 г.г.
х.Овчинников (Приморский)	6,66	2,60	0,1
х. Кривский	3,21	1,37	0,38
х.Весёлый (между ст.Нагавская и х.Весёлый)	2,80	1,04	0,07
х. Ильмень-Суворовский	2,50	2,23	0,04
278 км ж/д на Волгоград	-	0,36	0,15
ст.Нижний Чир (метеостанция)	1,5	0,11	0,17
х. Суворовский	1,83	1,16	0,3
ст. Хорошевская	3,15	1,64	0,66
г.Цимлянск, садоводческое товарищество "Винзавод",	-	0,95	0,36
г.Цимлянск, Приморский парк	-	1,32	0,35

Таблица 4.2 – Шкала ранжирования степени абразионных процессов.

Диапазон (м/год)	степень	ранг
<0,1	низкая	1
0,3-0,1	средняя	2
>0,3	высокая	3

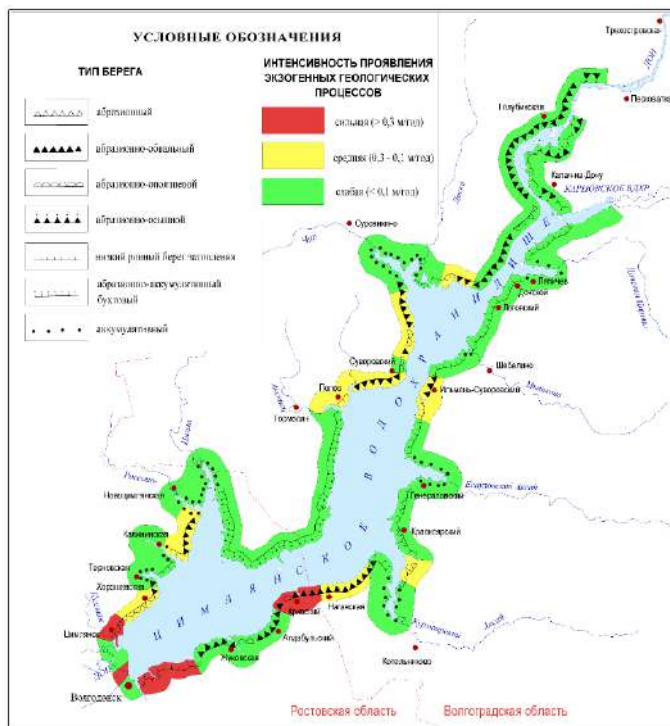


Рисунок 4.23. – Интенсивность проявления абразионных процессов Цимлянского водохранилища в современный период (2011-2016 гг.) (Скрипка Г.И., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., и др. 2020).

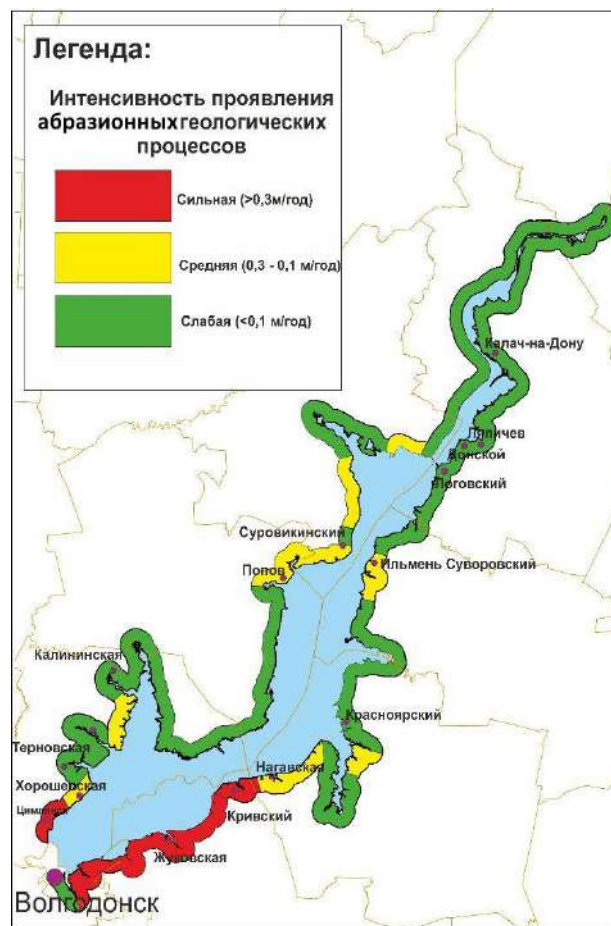


Рисунок 4.24. – Дополненная схема по данным наблюдений при помощи БЛА (2017-2021 г.)

Большая часть берегов имеет слабую степень проявления абразии 68 %, средняя степень наблюдается на протяжении 21 % береговой линии, и высокая степень проявления абразии наблюдается в приплотинной части Цимлянского водохранилища и составляет 11% береговой линии (рис.4.25).

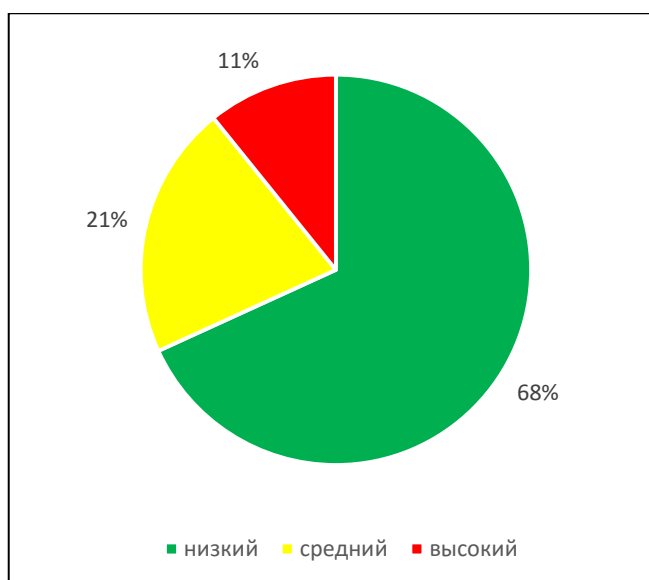


Рисунок 4.25. – Доля берегов разной степени проявления абразии 2011-2021г.

Сравнивая две схемы ярко выраженные изменения наблюдаются на участке в районе х. Жуковская и х. Кривский. Где скорость отступления берега за период 2011-2016гг. менее 0,1м/год. Однако, после прошедшего в мае 2018 г. наблюдались сильные абразионные процессы и отступление берега локально превышала 10 м. Выявить данные изменения нам позволили наблюдения с применение БЛА, описанные в разделе 4.1.2. Данная методика дает возможность наглядно оценивать изменение береговой линии на большей площади наблюдений, что дает преимущество перед методами, где используются только локальные наблюдения реперной сети ГМВО. И ранг на интенсивности абразии на заданном участке был переклассифицирован на высокий. На остальных участках ярко выраженных противоречий с уже имеющей схемой выявлено не было.

Также к берегам с сильным отступанием берега относятся приплотинные участки на левом берегу к северо-востоку от Волгодонска и берег от хутора Кривской до х. Веселый. На правом берегу водохранилища берега от г. Цимлянск до с. Саркел, где развиты оползневые процессы. Берега высокие, до 36 м, крутые.

Ширина Прислоненных пляжей при НПУ в среднем составляет 3-7 м. Многолетний мониторинг за движение береговой линии показал, что за период наблюдения (1953-1994 г.) после создания водохранилища средняя скорость смещения берега превышала 6 м/год, в современный период она на порядок ниже и не превышает 0,5 м/год.

Возле г. Цимлянска средняя скорость проявления абразии за период 1995 - 2010гг. составляла 1,3 м/год, в современный период- 0,39 м/год.

Участок левобережья возле г. Волгодонск расположен на второй надпойменной террасе р. Дон. Высота берегов не превышает 10 м, сложены берега суглинками. В балках наблюдаются

обрывы высотой до 2 м.

Для участка на левом берегу от х. Кривский до ст. Нагавская характерны крутые и обрывистые берега высотой от 2 до 30 м. Отвесные берега высотой от 0,3-1,6 до 12-25 м. Берега представлены обвалами и локальными оползнями. Ширина прислоненных пляжей по данным наблюдений с БЛА, изменяется от 4 до 12 м (рис. 4.26).



Рисунок 4.26. – Абразионный и абразионно-оползневой тип берега возле станции Нагавская.

Берега со средним проявлением абразионных процессов наблюдаются на участках правобережья (х. Суворовский – х. Попов); (ст. Нижний Чир); (п. Островский) (ст. Хорошевская - п. Саркел) (рисунок 4.27).



Рисунок 4.27 – Оползневые берега между с. Саркел - ст. Хорошевская.

В районе станции Хорошевская скорость отступления берега составляла:

- в первый период с 1953 по 1994 год. – 3 м/год;
- во второй с 1995 по 2010 год - 1,6 м/год;
- в настоящее время с 2011 по 2021 год - менее 0,3 м/год.

В районе хутора Суворовский интенсивность проявления абразии выражено скоростью смещения:

- в первый период с 1953 по 1994 год. – 1,8 м/год,

- в первый период с 1995 по 2010 год. – 1,2 м/год,
- в настоящее время с 2011 по 2021 год 0,3 м/год.

В районе станицы Нижний Чир смещение бровки берегового обрыва составило:

- в первый период с 1953 по 1994 год. – 1,5 м/год;
- во второй с 1995 по 2010 год – 0,1 м/год;
- в настоящее время с 2011 по 2021 год - менее 0,2 м/год.

Берега со слабым проявлением абразии наблюдаются на участке (х. Верхнечирский - ст. Голубинская), правый берег. В геоморфологическом отношении это денудационно-аккумулятивная равнина с овражно-балочным расчленением. Скорость отступления берега в период 1995-2010 гг. не превышала 0,3-м/год, в последние годы составляет 0,1 м/год.

Слабое проявление абразионных процессов получило распространение на абразионно-аккумулятивных берегах в районе Доно-Цимлянского песчаного массива, расположенного на аллювиально-перегляциальной террасовой равнине, между устьями рек Цимла и Аксенец.

К относительно стабильным берегам относятся участки берегов в устьях подтопленных балок и оврагов - устья рек Россошь, Цимла, Аксенец, Солоня, Чир, Лиска, впадающих в водохранилище.

В пределах левобережья к таким относятся отдельные участки берега (х. Красноярский - х. Генераловский), от залива Есаульский Аксай до х. Ильмень-Суворовский и далее все побережье до г. Калач-на-Дону. Слабой степенью проявления абразии характеризуется берега заливов - подтопленные устья рек (Курмоярский Аксай, Есаульский Аксай, Донская Царица).

4.2 Оценка эрозионной расчлененности водоохранной зоны.

Оценка развития эрозионных процессов в водоохранной зоне (ВЗ) Цимлянского водохранилища с использованием показателей горизонтальной и вертикальной расчлененности проводилась на основе съемок с беспилотных летательных аппаратов (БЛА) (Phantom 4 Pro и Phantom 4 Advanced). Использовались инструментари программы Agisoft Metashape Professional, а также инструменты программы ArcGIS (Косолапов А.Е. Скрипка Г.И. и др. 2018). При этом по полученным ортофотопланам определялись ряд оценочных показателей, применяемых в классической геоморфологии (Миронова Е.А. 1971., Молодкин П.Ф. 1992. Рожков А.Г., Мясоедов С.С. 1980., Тимофеев Д.А. 1988).

4.2.1 Материалы и методы оценки горизонтальной эрозионной расчлененности водоохранной зоны.

Оценка *горизонтальной расчлененности* территории выполнялась путем расчета комплекса коэффициентов:

- коэффициент расчленённости территории (**I**),
- среднее расстояние между соседними тальвегами эрозионной сети (**a**),
- коэффициент овражности (**P**).

В работе расчеты представленных параметров, а также морфологические и морфометрические измерения оврагов и балок производились только в пределах ВЗ, и не включали в себя тела оврагов и балок выходящих за пределы границ водоохранной зоны.

Дешифрирование линейных эрозионных форм рельефа по фотоматериалам, полученным с помощью БЛА

В первую очередь проводилось дешифрирование на исследуемом участке. На рассматриваемой территории основными отрицательными формами эрозионного рельефа являются овраги и балки.

При визуальном дешифрировании изучаемые и оцифровываемые объекты опознаются в первую очередь по тем признакам, которые непосредственно отображаются на снимках, они получили название прямых признаков. К ним относятся форма, размер, тон, цвет. Рассмотрим понятия основных эрозионных форм:

- *Эрозионная борозда* - первоначальная стадия формирования оврага, образуется в результате струйчатого размыва поверхности склонов. Ее ширина не превышает 0,5 м, глубина 0,1-0,4 м, длина до десятков метров (Кесь А.С. 1950) (рисунок 4.28).

- *Рытвины* (размоины) ежегодно образующие линейные эрозионные формы глубиной до 0,5 м, шириной 0,5-1,0 м, обычно уничтожаются вспашкой.

- *Промоина* - долина с обрывистыми и обнаженными склонами с резко выраженной бровкой. Глубина ее до 1,0-2,5 м, ширина - до 4-5 м, длина - 1,0-1,5 км. Является зачаточной формой оврага (Востряков А. В., Зайонц В.Н. и др. 1974)

- *Овраги*- это крутосклонные рытвины, развивающиеся под воздействием временных русловых водотоков. Глубина оврагов может достигать 40-50 м, ширина 150-300 м, длина 3-5 км. На снимке овраг распознается по резкой тени (рисунок 3.29.).

- *Балка* (суходол, байрак, лог, яр) - сухая или с временным водотоком долина с задернованными склонами. В степных районах балки образуют высохшие русла рек. (рисунок 4.30).



Рисунок – 4.28. - Борозды, рытвины, размоины, промоины.



Рисунок 4.29.- Овраги.



Рисунок 4.30 - Овражно-балочные системы.

В программе Agisoft PhotoScan Professional были построены горизонталы высот через 1 м.: (рисунок 4.32).

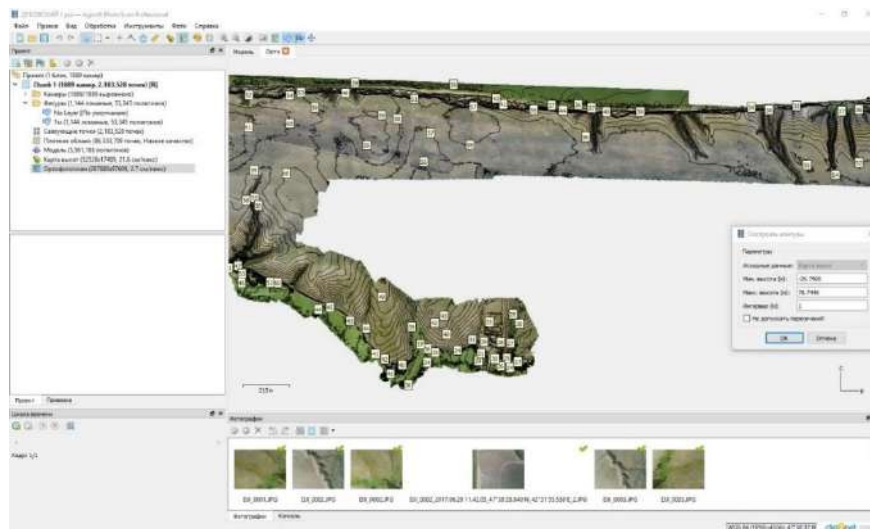


Рисунок 4.32. - Построение горизонталей высот через 1 м в программе Agisoft PhotoScan Professional.

Далее для дешифрирования уже полученные горизонталы импортировались в программу ArcGIS (ArcMap). Основываясь на уже имеющихся горизонталях, при помощи инструментария ArcMap проводились тальвеги оврагов. Немаловажным является то, что применение БЛА позволяет нам определить такие объекты овражно балочной сети, как: борозды, рытвины и

промоины. Но для дальнейшей геоэкологической оценки мы берем в расчет только более крупные объекты, такие как овраги и балки.

Дешифрирование площадных характеристик овражных тел производилось аналогичным способом, за тем исключением, что их оконтуривание производилось непосредственно в программе Agisoft PhotoScan Professional (рис. 4.33; 4.34) и потом уже переносилось в ArcMap для дальнейшей обработки. Так как выделение границ используя карты высот позволяет более точно выделять бровку оврага.

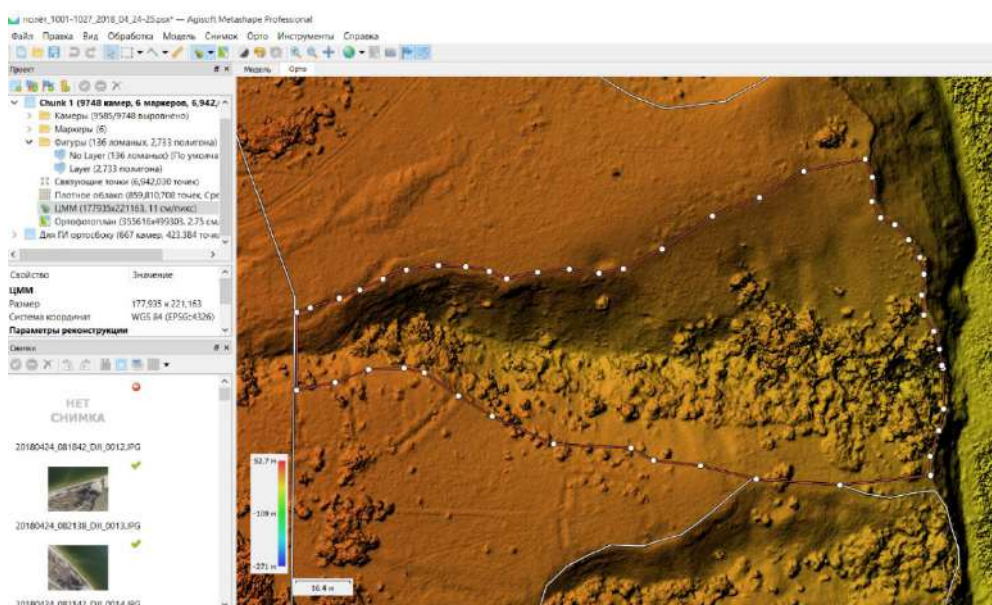


Рисунок 4.33. – Пример выделение площади оврага на карте высот в программе Agisoft PhotoScan Professional.



Рисунок 4.34. – Пример выделение площади оврага на ортофотоплане в программе Agisoft PhotoScan Professional.

Создание единой атрибутивной таблицы параметров горизонтальной расчлененности

Для комплексного расчета параметров горизонтальной расчлененности водоохранная зона была поделена на так называемы «ячейки» представляющие собой площадные объекты до 1 км². (рис. 4.35; 4.36) в пределах которых и производятся измерения индивидуально для каждой из «ячеек», что позволяет иметь представления о состоянии горизонтальной расчлененности в относительно не больших масштабах интересующего нас участка.

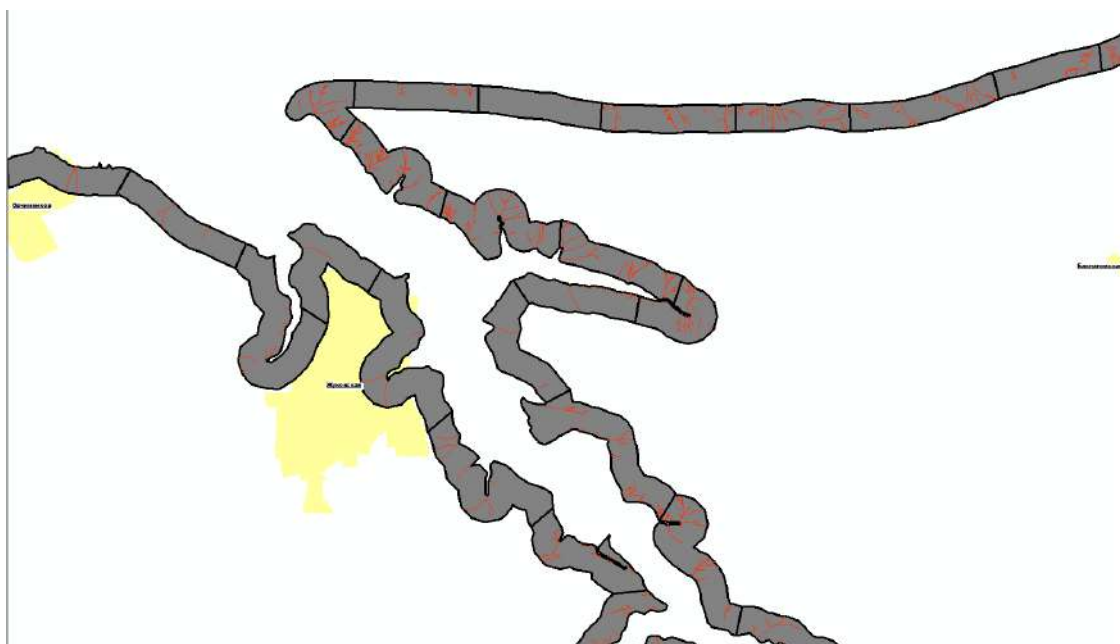


Рисунок 4.35 – Пример выделенных ячеек, где красным цветом выделены тальвеги оврагов в Жуковском убежище.

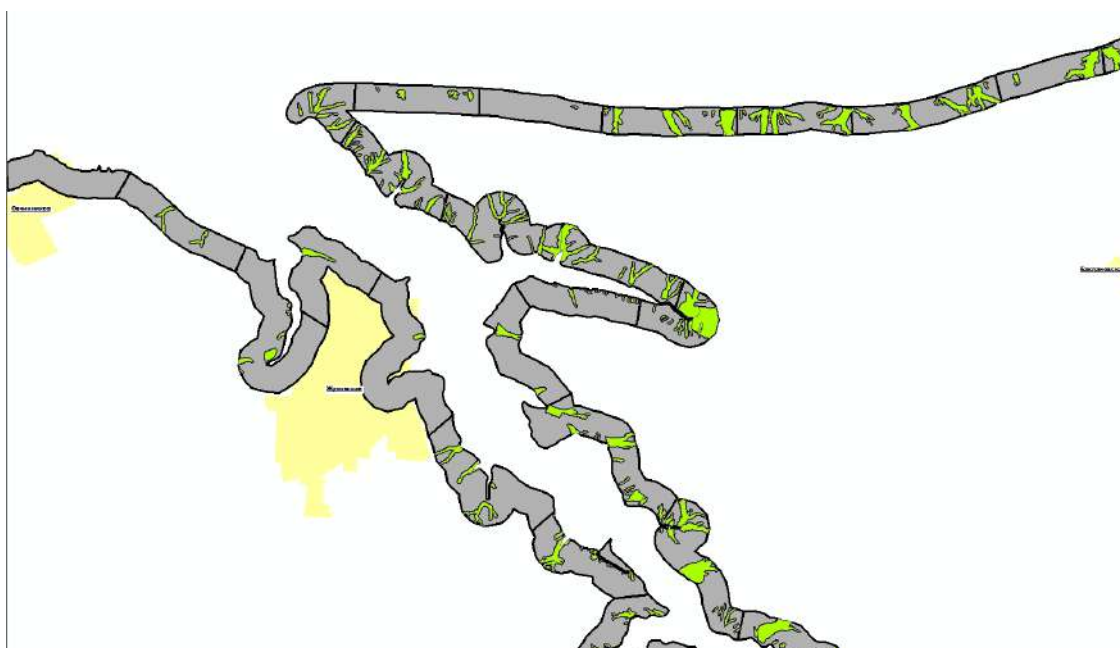


Рисунок 4.36 – Пример выделенных ячеек, где зеленым цветом выделены площади оврагов в Жуковском убежище.

Расчет параметров

Для оценки горизонтальной расчлененности каждый из представленных параметров сперва рассчитывался отдельно и имел свою шкалу ранжирования с присвоенными рангами для каждой из «ячеек» (таб. 4.3-4.5) (Сорокина, Магаева 2018).

Ранжирование параметров производилось при помощи метода «геометрических интервалов» с учетом экспертной оценки. Этот алгоритм был специально разработан для обработки непрерывных данных. Он сочетает в себе достоинства методов «равного интервала», «естественных границ (Дженкса)» и «квантиля». Он позволяет корректно разделить средние значения и выбивающиеся из ряда крайние, позволяя получить результат, адекватный с картографической точки зрения и визуально привлекательный (<https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>).

Таблица 4.3. – шкала ранжирования коэффициента расчленённости территории (**I**).

Диапазон (I) (км/км²)	Степень	Ранг (ровняется присвоенному баллу)
<3 (I)	низкая	1
3,01-10 (I)	средняя	2
>10,01 (I)	высокая	3

Таблица 4.4. – шкала ранжирования среднего расстояния между соседними тальвегами эрозионной сети (**a**).

Диапазон (a) (км)	Степень	Ранг (ровняется присвоенному баллу)
>0,51 (a)	низкая	1
0,11 – 0,5 (a)	средняя	2
<0,1 (a)	высокая	3

Таблица 4.5. – шкала ранжирования коэффициента овражности (**P**).

Диапазон (p) (%)	Степень	Ранг (ровняется присвоенному баллу)
<3 (P)	низкая	1
3,01-20 (P)	средняя	2
>20,01 (P)	высокая	3

После присвоения каждому из представленных параметров баллов, соответствующему их рангу была составлена схема и новая шкала ранжирования (таб. 4.6) объединяющая в себе эти

три параметра для оценки горизонтальной расчлененности, которая понадобится при геоэкологической оценки.

Таблица 4.6. – шкала ранжирования горизонтальной эрозионной расчлененности.

Диапазон (баллы)	Степень	Ранг (ровняется присвоенному баллу) для геоэкологической оценки
2 - 3 (балла)	низкая	1
4 - 6 (балла)	средняя	2
7 - 9 (балла)	высокая	3

4.2.2 Результаты оценки горизонтальной расчлененности.

Коэффициент эрозионной расчлененности (I)

Коэффициент расчлененности территории, определяется по формуле:

$I=L/S$, где

I – коэффициент расчлененности территории, км/км²;

L – длина овражно-балочной сети, км;

S – площадь, в пределах которой изменяется длина гидрографической сети, км².

Было составлено 3 карты схемы измерений данного параметра в пределах «ячеек», представленных на рисунке 4.37.

Так высокая степень данного параметра наблюдается в Цимлянском районе возле х. Крутой, х. Хорошевский. В Суравикинском районе от с. Суворовская до с. Нижний Чир. В Калачевском районе на правом берегу, где были выделены эрозионные берега. Также явно выраженный высокие и средние коэффициенты наблюдаются на большей территории Дубовского района от с. Жуковская до х. Весёлый в Калачевском районе, характерной особенностью является преобладание абразионно-обвальных и абразионно-оползневых процессов на выделенных берегах. Представленные схемы в дальнейшем использовались для оценки горизонтальной расчленённости.

Расстояние между соседними тальвегами (a)

Расчет показателя (a) горизонтальной эрозионной расчлененности соответствует среднему расстоянию между соседними тальвегами выполнен по формуле:

$a=S/L$, где

a – среднее расстояние между соседними тальвегами в пределах площади S;

L – суммарная длина тальвегов на исследуемой площади.

Данный параметр можно считать противоположным коэффициенту эрозионной расчлененности, за тем исключением, что также были выделены «ячейки», где овраги не наблюдались, следовательно, среднее расстояние между тальвегами померить невозможно (рис. 4.38).

Коэффициент овражности (P)

Коэффициент овражности (P) определялся как отношение площади оврагов S (км²) к площади участок ВЗ (км²), также данный параметр можно измерять в процентах.

Были построены карты схемы данного параметра, представленные на рисунке 4.39.

Сравнивая представленные схемы (рис. 4.37- 4.39), можно сделать вывод, что все ячейки имеют относительно схожую классификацию, географическое положение и, следовательно, дополняют друг друга.

Оценка горизонтальной эрозионной расчлененности.

Основываясь на анализе представленных параметров, и присвоению каждому из представленных параметров степени были построены единые карты схемы эрозионной расчлененности и построена диаграмма воздействия горизонтальной эрозионной расчлененности на ВЗ Цимлянского водохранилища. (рис. 4.41, 4.42).

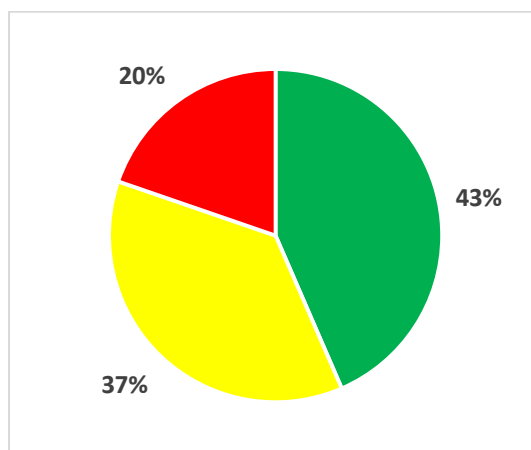


Рисунок 4.41 – Доли воздействия горизонтальной эрозионной расчлененности на ВЗ Цимлянского водохранилища.

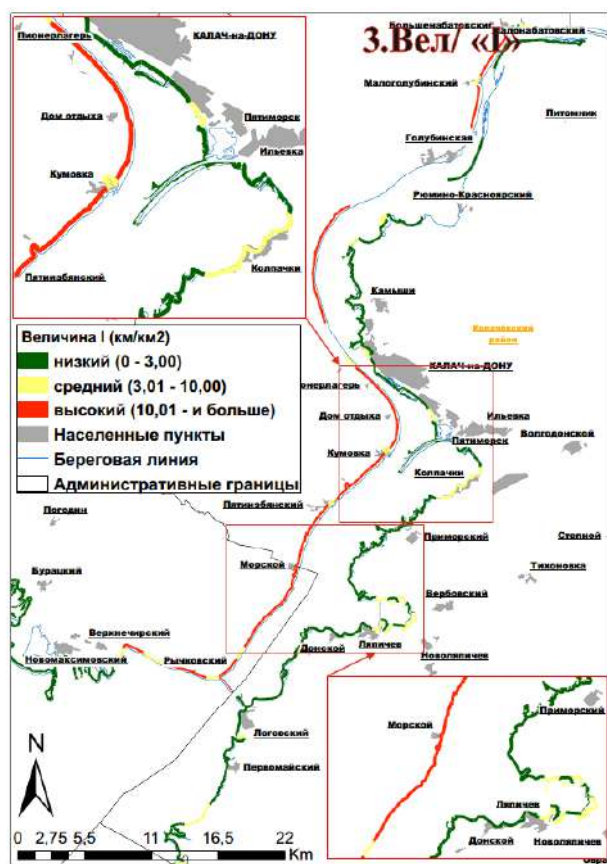
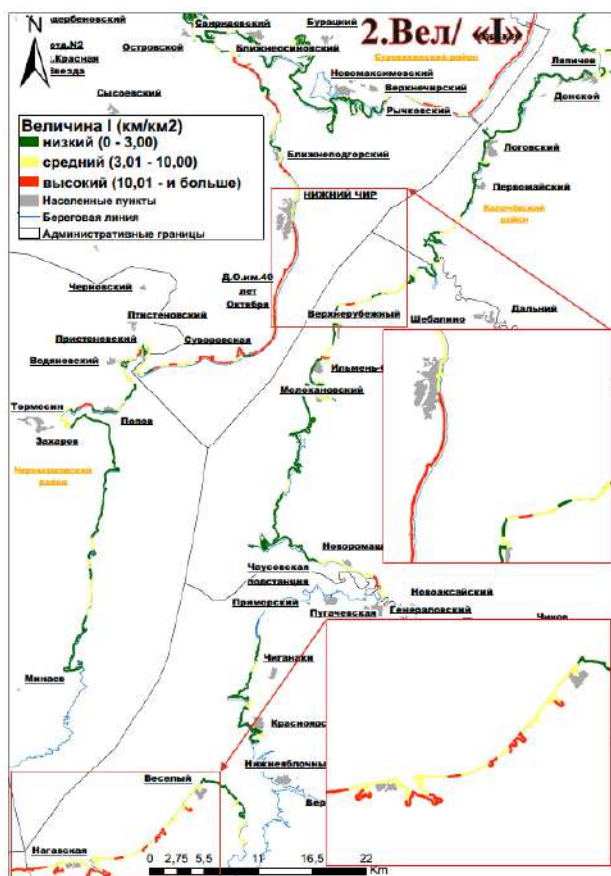
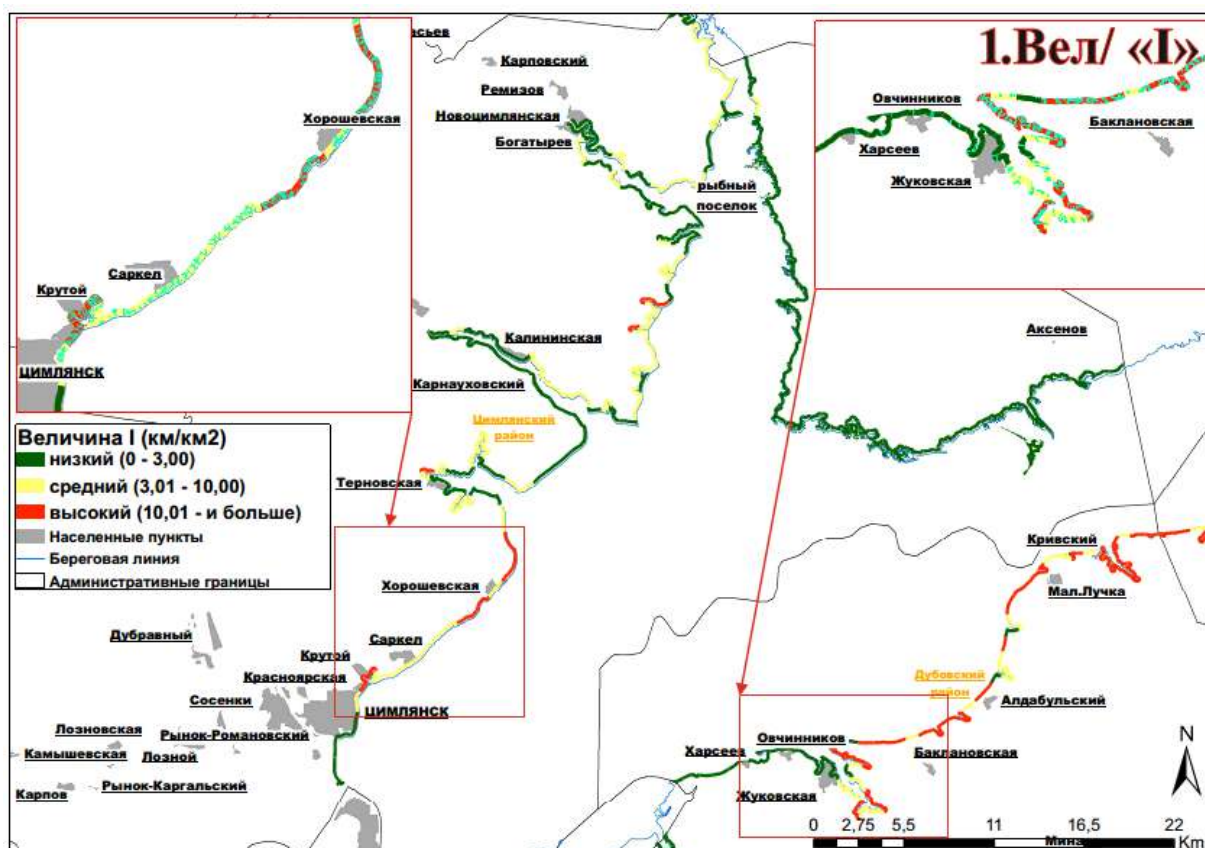


Рисунок 4.37. – Карты-схемы коэффициента расчлененности территории (I) участков №1-3.

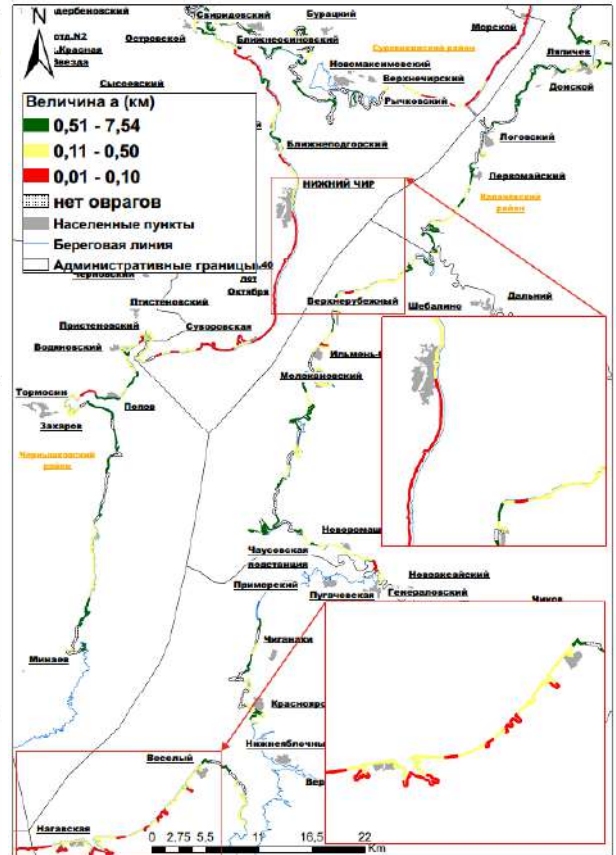
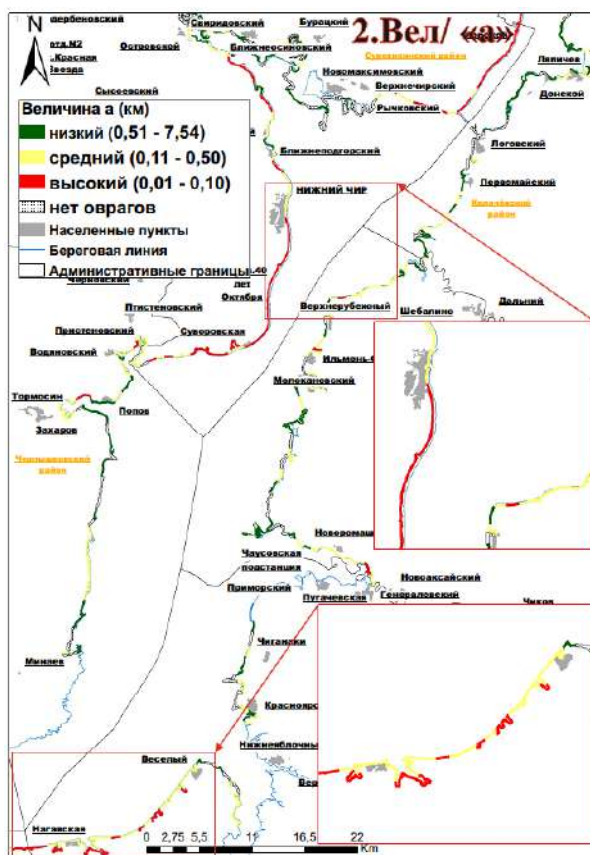
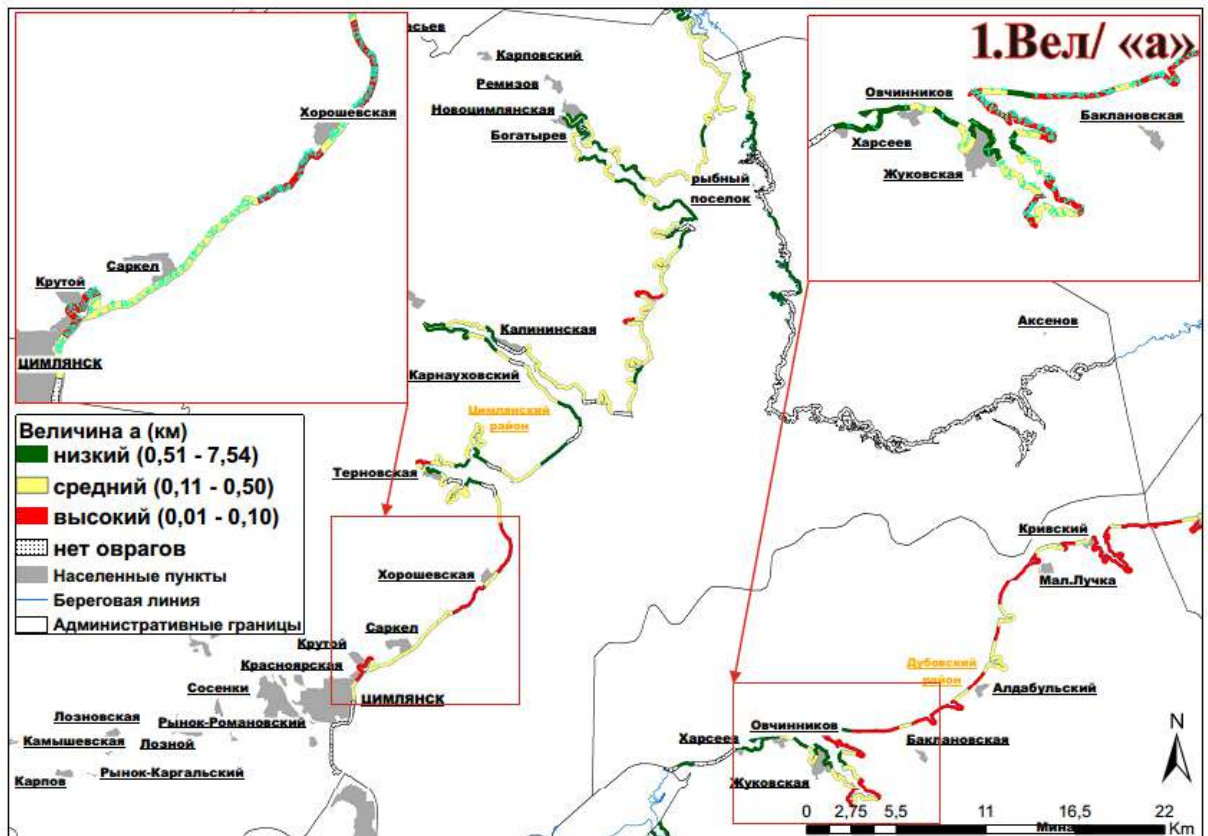


Рисунок 4.38. – Карты-схемы среднего расстояния между соседними тальвегами (а) участков №1-3.

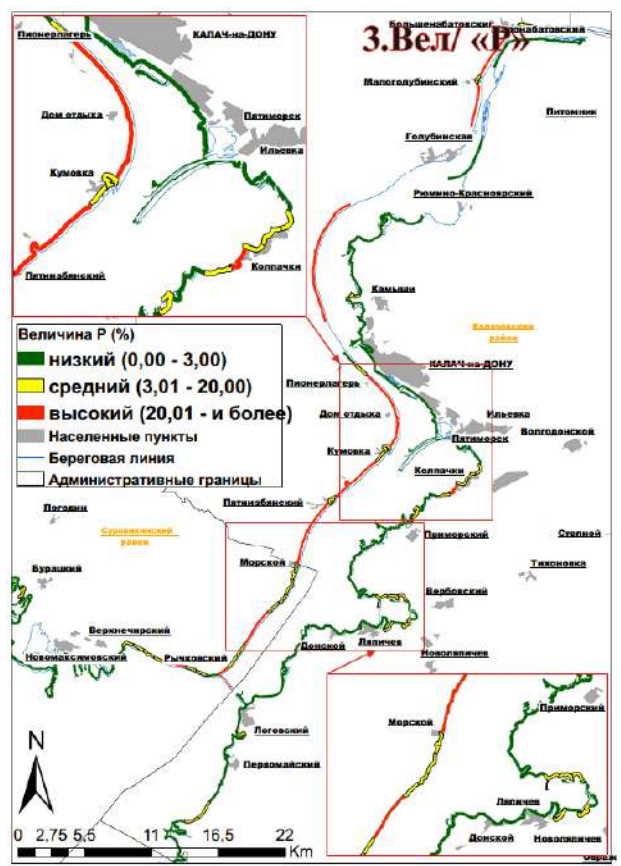
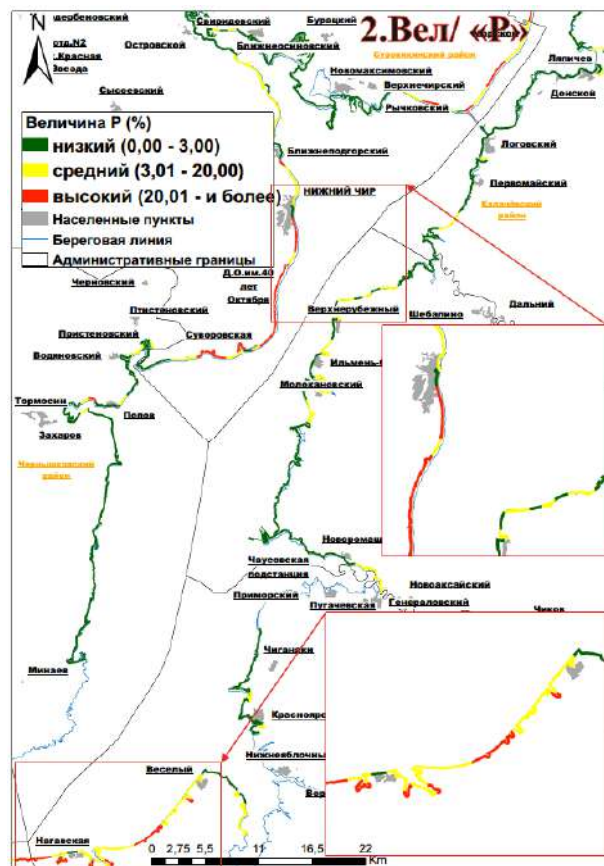
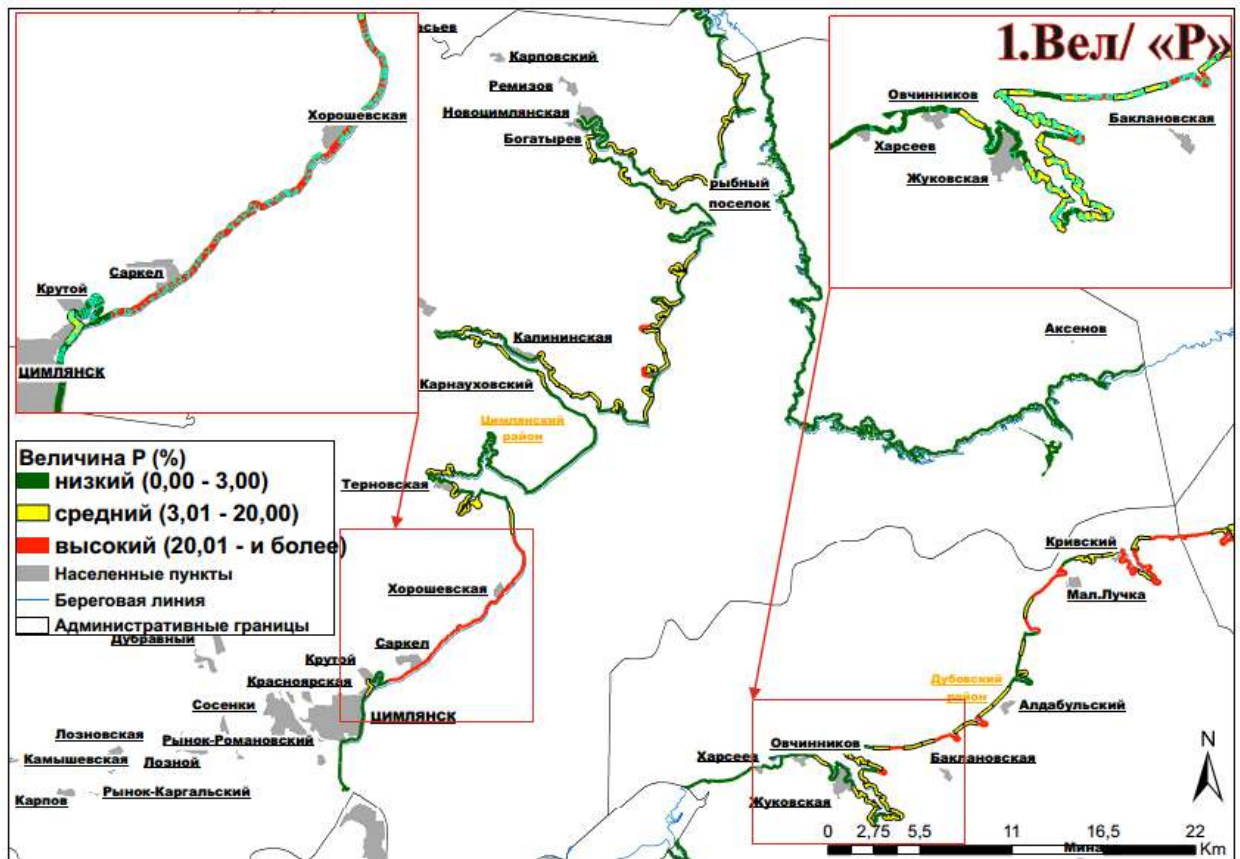


Рисунок 4.39. – Карты-схемы коэффициента овражности (Р) участков №1-3.

Наибольшую долю исследованные берегов Цимлянского водохранилища подвержены слабой эрозионной расчлененностью 43%, среднему воздействию подвергнуто 37% берегов и высокому 20%.

Если сравнивать представленные схемы с типами берегов Цимлянского водохранилища, то мы можем заметить, что низкое проявление горизонтальной эрозионной расчлененности приурочено к низким берегам затопления, а на берегах абразионного либо эрозионного типа чаще встречаются средние и высокие показатели эрозионной расчлененности.

Таким образом, высокая степень проявления горизонтальной расчлененности наблюдается на правом берегу в Цимлянском районе от г. Цимлянск до южного входа в Терновской залив, на приплотинном участке, где развиты абразионные процессы. В Суравикинском районе от с. Суворовская до с. Нижний Чир. В Калачевском районе на правом берегу от х. Рыбинская до х. Малонабатовский, где развит эрозионный тип берега. На левом берегу в Котельниковском районе от х. Веселый до границы с Дубовским районом выявлено чередование сильного и среднего проявления эрозионной расчлененности и далее на протяжении большей части берегов от границы Дубовский - Котельниковский районы до с. Жуковская.

Дубовский район по результатам наблюдений подвержен наиболее сильному воздействию горизонтальной эрозионной расчлененности, 44% берегов подвержены высокому воздействию и 33% среднему. Где берега в геологическом плане сложены в основном Лёссовидными суглинками, суглинками и скифскими глинами.

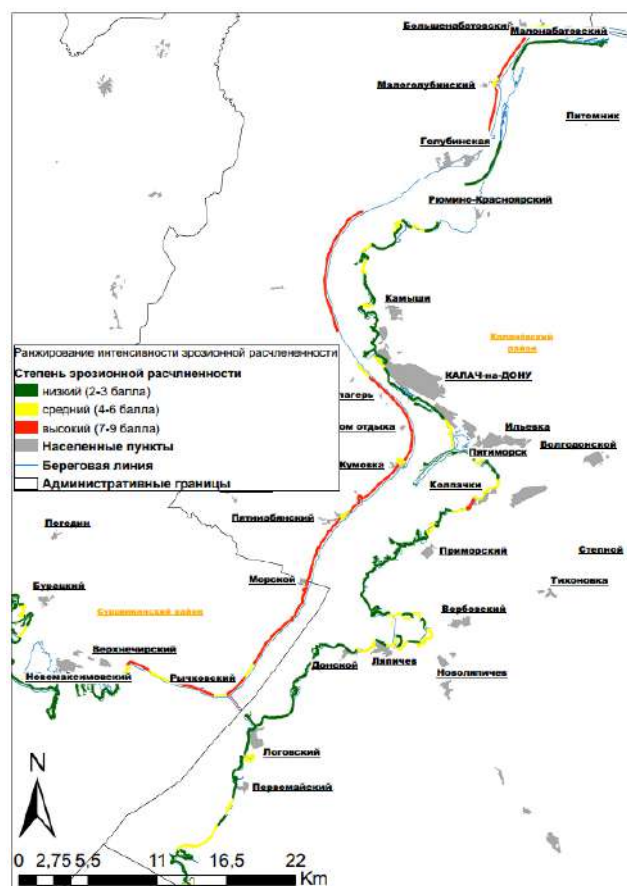
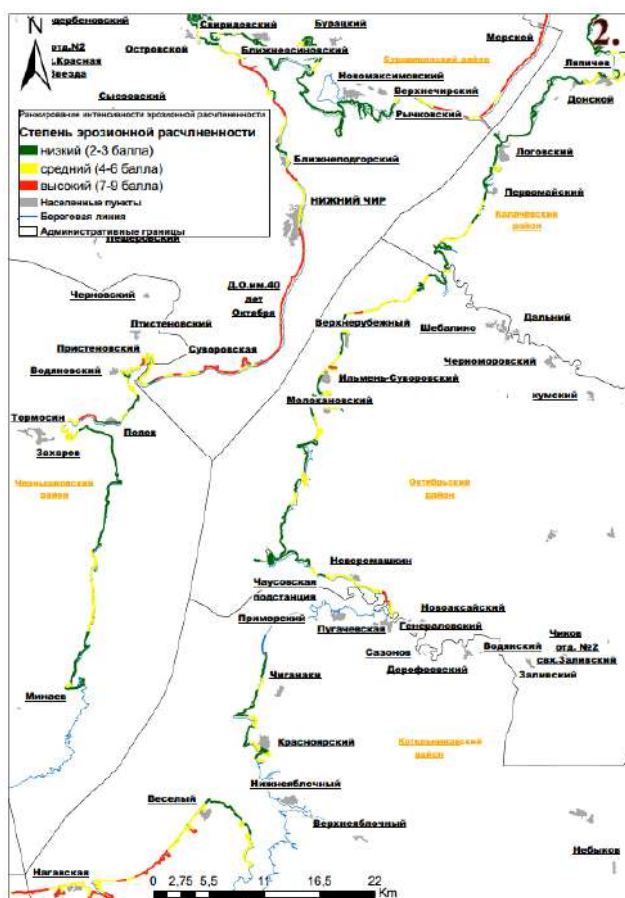
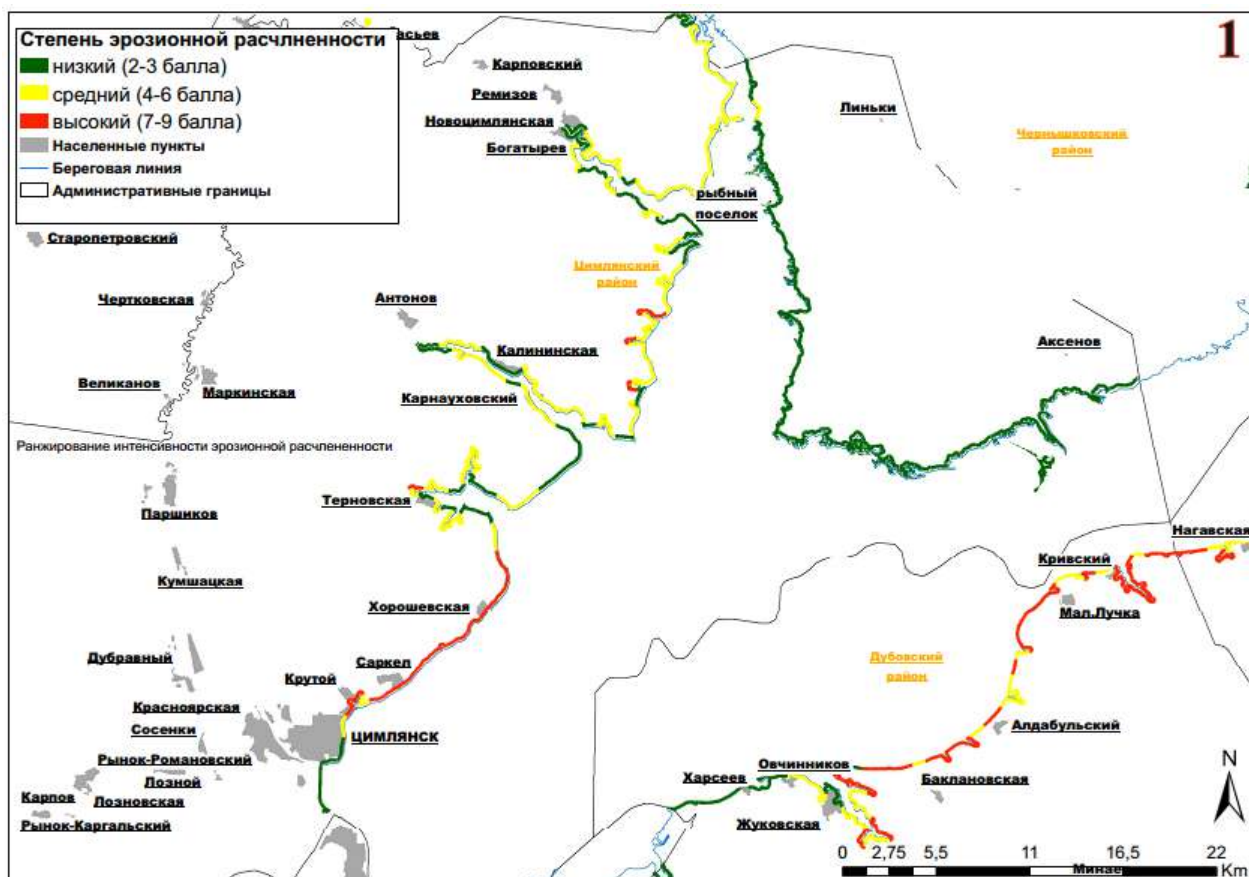


Рисунок 4.42. – Карта-схема эрозионной расчлененности участков №1-3 составленная на основе 3-х параметров горизонтальной расчлененности (I, a, P).

4.2.3 Оценка вертикальной эрозионной расчлененности на примере оврага возле х. Альдабульский.

Помимо представленной выше оценки горизонтальной эрозионной расчлененности по данным наблюдений за 2017- 2021 годы. Была апробирована возможность применения БЛА для оценки вертикальной эрозионной расчленённости (Косолапов А.Е., Скрипка Г.И. и др. 2021).

Степень *вертикального расчленения* территории характеризуется глубиной расчленения рельефа, которую можно оценить на основе морфологических и морфометрических показателей оврагов.

Отработка методики оценки вертикального расчленения территории проведена на примере оврага берегового типа в районе х. Алдабульского. В пределах ВЗ Дубовского района было обследовано более 500 оврагов и выбран один овраг с явными активными эрозионными процессами.

Изменение геометрии оврага с течением времени исследовалось путем наложения и сравнения трех ортофотопланов за разные периоды съемок с БЛА (2017–2019 гг.). В результате визуализации полученных данных установлена активизация эрозионных процессов в верховье. Произошло удлинение тальвега на 3,3 м и увеличение площади на 14,2 м². Однако за счет абразионных процессов, связанных с волновой переработкой берегов водохранилища, в целом площадь оврага сократилась на 35,6 м², а длина тальвега уменьшилась на 6,2 м в его устьевой части (рис. 4.44, таб. 4.7).

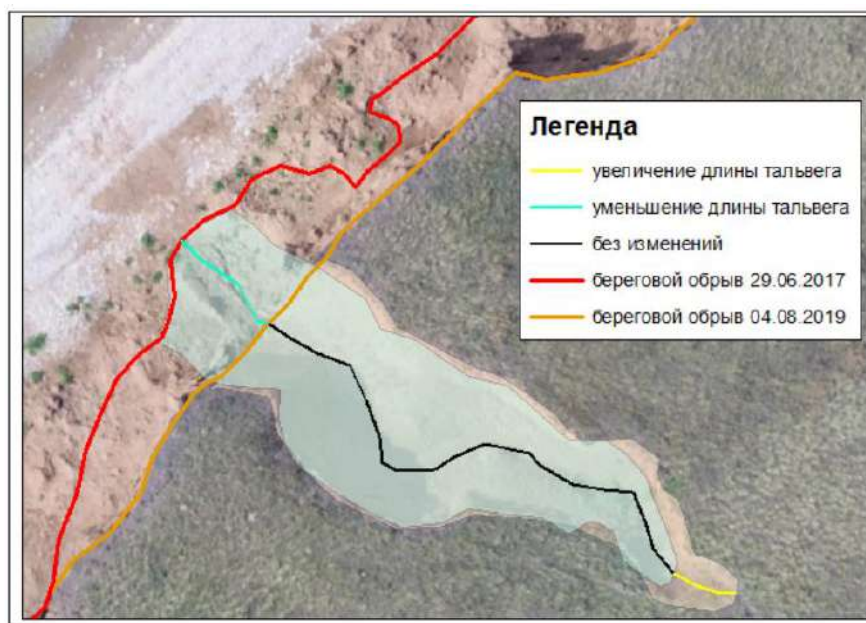


Рисунок 4.44. – Визуализация изменения геометрии оврага № 1, розовым выделен овраг 130 (29.06.2017), наложенный на ортофотоплан 1606–1659 (01–04.08.2019), выделенный голубым цветом.

Таблица 4.7. – Изменения морфометрических характеристик отдельного оврага в районе х. Алдабульского.

Морфометрия оврага № 1	Полет № 130 (29.06.2017)	Полет № 1151– 1186 (30.07– 03.08.2018)	Полет №1606– 1659 (01–04.08.2019)
Периметр, м	70,749	68,976	68,441
Площадь, м ²	177,945	168,432	166,554
Объем, м ³	–308,248	–204,295	–250,998
Длина основного тальвега, м	33,161	30,437	29,270
Уклон основного тальвега, °	13,3	12,41	18,26
Верховье: крутизна, правый борт, °	50,19	12,99	30,96
Верховье: крутизна, левый борт, °	21,8	26,57	25,02
Глубина оврага в верховье, м	0,6	0,5	0,7
Ширина днища в верховье, м	1	0,5	0,5
Отношение ширины к глубине (К), верховье	1,6	1	0,7
Устье: крутизна склона, правый борт, °	61,82	52,43	50,77
Устье: крутизна склона, левый борт, °	60,49	51,89	59,04
Глубина оврага в устье, м	6	5,3	5
Ширина днища в устье, м	1,5	2	2
Отношение ширины к глубине (К), устье	0,25	0,4	0,4

В образовании оврагов главная роль принадлежит глубинной эрозии. При переходе к стадии балки углубление днища сочетается с его расширением, так как начинает сказываться боковая эрозия. Учитывая эти соотношения, А.А. Величко предложил для характеристики эрозионных форм использовать коэффициент К (Величко А.А. 1959):

$$K = L / H$$

L – ширина днища;

H – глубина формы рельефа.

Если коэффициент К меньше 1, то эрозионные процессы активны, и наоборот, если ширина днища больше глубины, К больше 1, овраг переходит в стадию балки.

Коэффициент вертикальной расчлененности К за период 2017 по 2019 г. уменьшился с 1,6 до 0,7 в верховье оврага, т.е. наблюдается активизация эрозионных процессов, что характерно и для устья, где К меньше единицы во все периоды съемок (таб. 4.7).

Определение крутизны склонов оврагов и их морфологических, и морфометрических характеристик выполнялось с использованием инструментария программы Agisoft Metashape Professional, путем построения поперечных профилей через овраг в его вершине, средней и устьевой части (рис. 4.45).

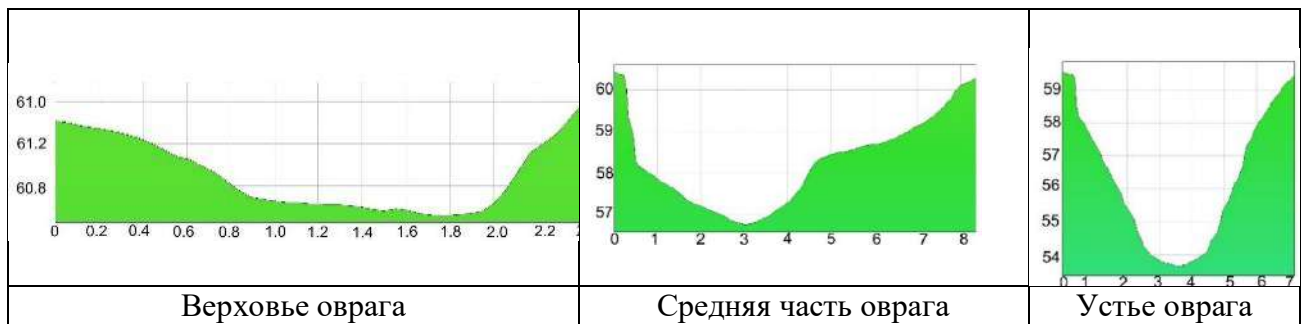


Рисунок 4.45 – Морфологические особенности склонов оврага (данные по морфометрии представлены в таблице 4.7).

Об активных эрозионных процессах свидетельствует также крутизна склонов оврага, которая изменяется от 50 до 62 градусов, т.е. относятся к типу обрывистых (Брауде И.Д. 1959).

В связи с тем, что наблюдение за активными оврагами за рассмотренный период при помощи БЛА не долгосрочны и выявление активной вертикальной эрозионной расчлененности встречалось лишь локально, и крайне редко, и требуют нескольких полетов за разные периоды наблюдений, при создании общей геоэкологической оценки данный измерения не учитывались. Но они позволили разработать методы по выявлению локальных активных оврагов и предоставить возможность наблюдение за их развитием с использованием БЛА.

Выводы

- Комплексный морфометрический анализ эрозионной сети ВЗ при помощи морфометрических показателей, полученных на основе съемок с БЛА, дает возможность создания банка данных морфометрической информации, важной для проведения геоморфологических исследований на разных уровнях, и позволяет прогнозировать развитие негативных экзогенных геологических процессов, выявлять зоны риска интенсификации береговых процессов при хозяйственном освоении ВЗ;
- Морфометрические карты (вертикального и горизонтального расчленения земной поверхности, крутизны и экспозиции склонов, показателей эрозионной сети (I, a, P и др.)), созданные на основе съемок с БЛА, позволяют получить количественные показатели, характеризующие эрозионные процессы в ВЗ;
- Съемки с БЛА, обработка и анализ материалов с использованием инструментария программ Agisoft PhotoScan и ArcGIS являются наиболее перспективным методом мониторинга эрозионных процессов, позволяющим без проведения трудоемких инструментальных съемок определять комплекс морфологических и морфометрических показателей (типы оврагов, их протяженность и ширина, превышение вершины над устьем, крутизна, длина и экспозиция склонов, водосборные площади, объемы и другие характеристики), обязательных при оценке состояния ВЗ. Кроме того, сравнение материалов съемок разных сроков позволяет выявить

тенденции развития как отдельных эрозионных форм, так и всей овражно-балочной сети ВЗ в целом.

5. Глава. Антропогенное воздействие на водоохранную зону Цимлянского водохранилища.

5.1 Ограничения по деятельности в ВЗ и ПЗП.

Хотя водохранилища, как искусственно созданные объекты, существенно преобразуют ландшафты своих бассейнов, они также испытывают значительное влияние со стороны антропогенных факторов (Сатдаров А.З. 2015). Поскольку после своего создания, в дальнейшем эти системы ведут себя как природные объекты, их можно считать природно-техническими системами (Постановление Правительства РФ от 10.01.2009 № 17).

Необходимость организации условий охраны таких природно-технических комплексов продиктована тем, что первоначальные функции, наложенные на водохранилища при их создании, теряют свою эффективность под действием антропогенных факторов. В соответствии с этим на государственном уровне было принято решение о создании водоохранных зон.

Согласно статье 65 Водного кодекса Российской Федерации от 3 июня 2006 года № 74-ФЗ водоохранные зоны являются территориями, прилегающими к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых введён особый режим для экономической и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиливания этих водных объектов и истощения их вод, а также для сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного мира и растительного мира.

В пределах водоохранных зон создаются береговые защитные полосы, на территории которых налагаются дополнительные ограничения на хозяйственную и иную деятельность (Сиваков Д.О. 2007).

5.2 Определение границ водоохранной зоны.

За пределами территорий городов и других населенных пунктов ширина водоохранной зоны рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и ширина их береговой защитной полосы устанавливается из местоположения соответствующей береговой линии (граница водоема), а также ширина водоохранной зоны морей и ширина их береговой защитной полосы - от максимальной линии прилива. При наличии централизованных систем ливневой канализации и набережных границы прибрежных защитных полос этих водоемов совпадают с парапетами набережных, ширина водоохранной зоны на таких территориях устанавливается из парапета набережной.

Ширина водоохранной зоны рек или ручьев установлена от их истоков с длиной:

- 1) до десяти километров – в размере пятьдесят метров;
- 2) от десяти до пятидесяти километров - в размере 100 метров;
- 3) от пятидесяти километров и более - в размере двухсот метров.

Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера и водохранилища с акваторией площадью менее 0,5 квадратных километров, устанавливается в размере пятидесяти метров. Ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на водотоке, устанавливается равной ширине водоохранной зоны этого водотока (в ред. Федерального закона от 14.07.2008 N 118-ФЗ).

Установление границ водоохранных зон водоёмов непосредственно на местности осуществляется путем размещения специальных информационных знаков, установленных по всем границам водоохранных зон и береговых защитных полос водоемов в характерных точках рельефа, а также на пересечениях водных объектов дорогами, зонами отдыха и другими местами массового пребывания граждан.

Для Цимлянского водохранилища характерна ширина ВЗ 200 м такая же ширина характерна и для прибрежной защитной полосы (ПЗП).

5.3 Хозяйственная деятельность в пределах водоохранных зон.

В границах водоохранных зон запрещено:

- 1) использование сточных вод для регулирования плодородия почв;
- 2) расположение кладбищ, кладбищ крупного рогатого скота, объектов для удаления отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, ядовитых и токсичных веществ, мест захоронения радиоактивных отходов;
- 3) осуществление авиационных мер по борьбе с вредителями;
- 4) движение и стоянка транспортных средств (за исключением специальных транспортных средств), за исключением движения на дорогах и парковки на дорогах и в специально оборудованных местах с твердой поверхностью;
- 5) размещение заправочных станций, хранилищ горюче-смазочных материалов (за исключением случаев, когда заправочные станции, склады ГСМ расположены в портах, судостроительных и судоремонтных организациях, инфраструктуре внутреннего водного транспорта при условии, что требования законодательства в области охраны окружающей среды и настоящего Кодекса), станции технического обслуживания, используемые для технического осмотра и ремонта транспортных средств, промывки транспортных средств;
- 6) размещение специализированных хранилищ для пестицидов и агрохимикатов, использование пестицидов и агрохимикатов;
- 7) сброс сточных вод, включая дренажные воды;

8) разведка и добыча общих полезных ископаемых (за исключением случаев, когда разведка и добыча общих полезных ископаемых осуществляются пользователями недр, занимающихся разведкой и добычей других видов полезных ископаемых в пределах предоставленных им разрешений на добычу полезных ископаемых в соответствии с законодательством Российской Федерации и (или) геологических отводов на основе утвержденного технического проекта в соответствии со статьей 19.1 Закона Российской Федерации от 21 февраля 1992 года N 2395-1 "О недрах").

В пределах береговых защитных полос наряду с установленными ограничениями, запрещены:

- 1) вспашка земель;
- 2) размещение отвалов размываемых грунтов;
- 3) выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей и ванн.

Установление границ водоохранных зон и границ береговых защитных зон водных объектов на местности, в том числе с помощью специальных информационных знаков, осуществляется в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

5.4 Оценка антропогенной нагрузки на ВЗ.

5.4.1 Методы оценки антропогенной нагрузки с применением БЛА.

Определение методов оценки антропогенной нагрузки является одной из наиболее важных задач. В виду значительных различий по видам воздействия, наиболее рациональным является использование балльного метода оценки нагрузки на территории (Коробов В.Б, Тутыгин А.Г 2010). Он достигается путём статистического анализа, выведения средних арифметических (а также максимальных и минимальных) показателей, введения весовых коэффициентов нагрузки с помощью метода экспертной оценки.

Экспертная оценка представляет собой оценку специалистами высшей квалификации путем присвоения баллов степени значимости компонентов системы на основании различных весовых коэффициентов (таб. 5.1). (Коробов В.Б. 2008; Закруткин В.Е., Рышков М.М. и др. 1999). Таблица 5.1. – ранжирование весовых коэффициентов антропогенных объектов на основе экспертно-статистического метода.

Объекты антропогенной нагрузки	Весовые коэффициенты
Хутора, поселения и колхозы	0,6
Город	1
Водозаборы и насосные станции	0,5

Объекты антропогенной нагрузки	Весовые коэффициенты
Станции (аварийно-спасательные, автозаправочные, лодочные)	0.5
Сбросные каналы сточных вод	1.0
Рыболовецкие станы	0.6
Свалки (более 100 м ²)	1.0
свалочный очег ТБО (менее 100 м ²)	0,2
свалочный очаг строительные (менее 100 м ²)	0,1
свалочный очег Животные (менее 100 м ²)	0.2
Кладбища	0.4
Плотины, дамбы	0.7
Земельные участки, жилые дома	0.6
Порты, причалы, приёмка рыбы и отстоя судов	0.8
Пункты рекреации	0.9
Частное хозяйство	0.8
Промышленные объекты	1.0
Сельскохозяйственные объекты	0.9

Объекты антропогенной нагрузки	Весовые коэффициенты
Заброшенные/недействующие объекты	0.2
Базы отдыха	0.7

В исследовании влияния антропогенных объектов на природную и социальную среду является ключевым моментом (Коробов В.Б. 2002). Для дальнейшего проведения геоэкологической оценки факторы выделялись с учетом отображения процессов и явлений, наблюдаемых на изучаемой территории.

Факторы отражающие характеристики объекта исследования выражались в числовом виде (Коробов В.Б. 2008). Выбор показателей зависел от информационной базы, хранящий все материалы о антропогенных объектах, расположенных в ВЗ Цимлянского водохранилища. Для выведения средних характеристик проводился учёт всех антропогенных объектов на исследуемой территории.

Переход от натуральных величин факторов к балльным оценкам был осуществлён путём ранжирования по степени нагрузки – от низшей к высшей. Шкалы ранжирования представляют собой таблицы соответствия, где каждому антропогенному объекту присваивался определенный бал. (Коробов В.Б, Тутыгин А.Г 2010). Ранжирование антропогенной нагрузки, как и в случае с эрозионной расчлененностью производилось при помощи метода «геометрических интервалов» с учетом экспертной оценки (таб. 5.2).

Таблица 5.2. – Шкала ранжирование степени антропогенной нагрузки.

Диапазон (балл)	Степень	Ранг
<0,5	низкая	1
0,51-3,2	средняя	2
>3,2	высокая	3

Применение БЛА позволяет производить наблюдения с достаточно точным разрешением. В этой связи для оценки антропогенной нагрузки и других параметров водоохранная зона была разделена на «ячейки», каждая из которых имеет длину у береговой линии примерно равной 1 км. В пределах каждой «ячейки» были выделены антропогенные объекты (таб. 5.3). Суммарный показатель баллов в каждой из «ячеек» позволяет оценить антропогенную нагрузку индивидуально (рис. 5.1). Данная методика позволяет наглядно оценить антропогенную нагрузку и другие показатели для интересующих нас участков меньшего масштаба.



Рисунок 5.1. – Пример выделения антропогенных объектов на ортофотоплане в пределах «ячейки» в ПО ArcMap 10.

5.4.2 Результаты оценки антропогенной нагрузки на ВЗ.

Введение весовых коэффициентов дало возможность наглядно оценить антропогенное воздействие на водоохранную зону Цимлянского водохранилища (рис. 5.2). По результатам исследования, наибольшее антропогенное воздействие приурочено к ВЗ в крупных городах и селах. В частности, на правом берегу к ВЗ в пределах населенных пунктов, подверженных сильному антропогенному воздействию можно отнести г. Цимлянск и рядом расположенный с ним х. Крутой, в пределах ВЗ, которого было выявлено более 40 свалочных очагов, как бытового, так и животного происхождения (рис. 5.3). Так же к поселкам, в пределах которых наблюдается наибольшая антропогенная нагрузка на ВЗ можно отнести: х. Саркел, с. Хрошевская, с. Калининская, с. Нижний Чир, х. Попов, с. Голубинская.

Помимо свалок, в пределах ВЗ хуторов встречаются рыболовецкие станы, кладбища, зоны рекреации и базы отдыха и т.д., что оказывает колоссальное влияние на степень антропогенной нагрузки в пределах ВЗ.

На правом берегу. В пределах г. Калач-на-Дону мы наблюдаем максимальное значение антропогенной нагрузки - 19 баллов. В первую очередь это вызвано тем, что в пределах ВЗ находится большое количество предприятий, портов и земельных участков. Помимо ВЗ в пределах г. Калач-на-Дону высокая степень антропогенной нагрузки наблюдается в х. Красноярский, х. Кривский, с. Жуковская и с. Овчинников.

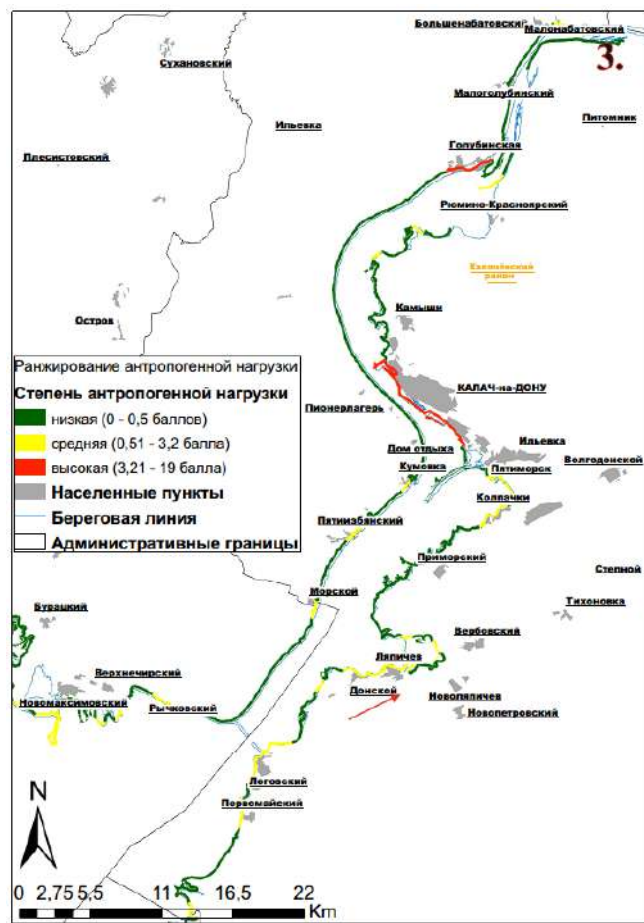
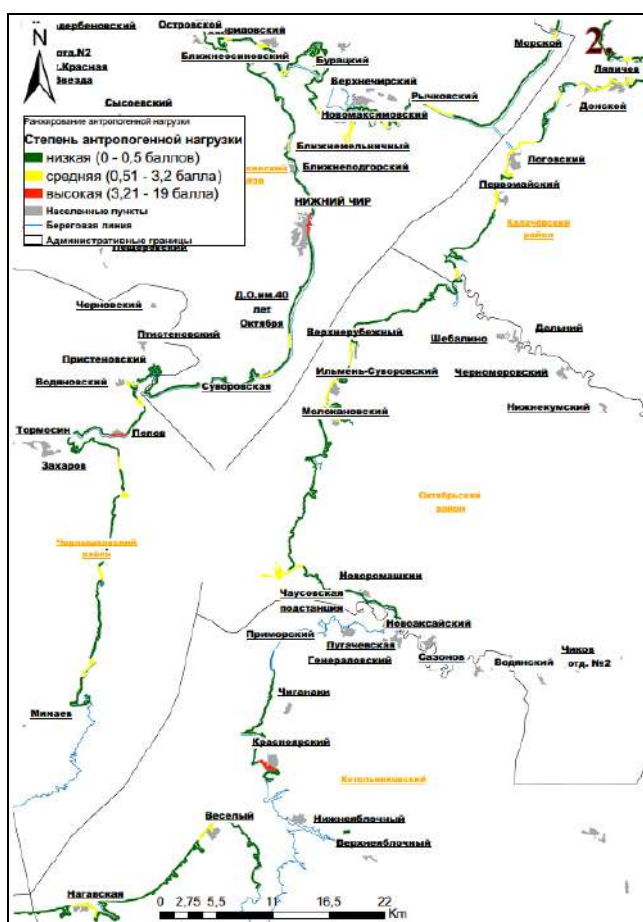
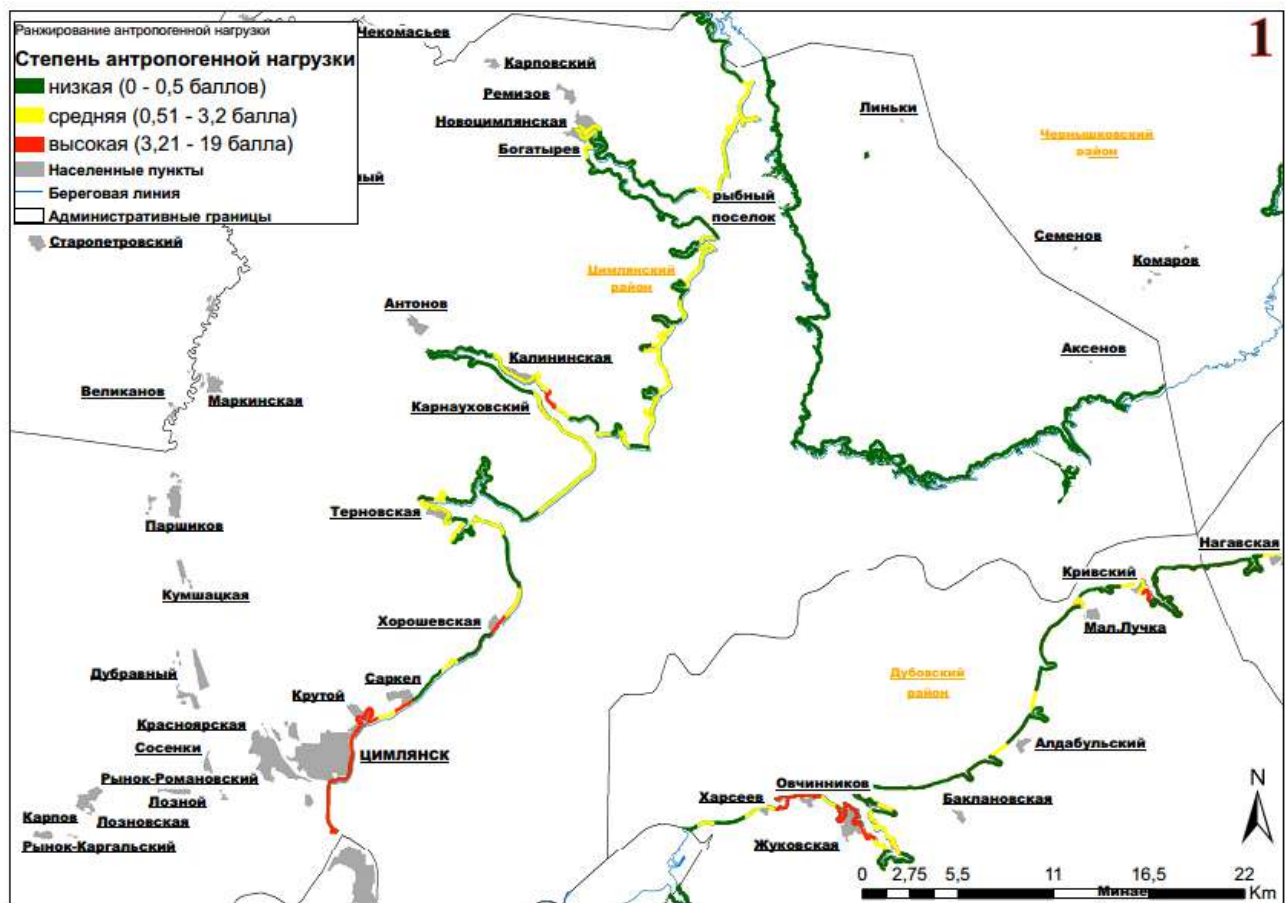


Рисунок 5.2. – Карты схемы антропогенной нагрузки участков №1-3.



Рисунок 5.3. – Выявленные на ортофотоплане свалочные очаги в районе х. Крутой.

В целом в пределах исследованной ВЗ наибольшую долю занимают «ячейки» с низким проявление антропогенной нагрузки 75,3%, на среднюю приходится 19,2%, на высокую 5,6%. (рис.5.4) Что говорит нам о том, что в большей степени высокие и средние показатели антропогенной нагрузки встречаются локально и приурочены к ближайшим и примыкающим к ВЗ населенным пунктам.



Рисунок 5.4. – Доли воздействия антропогенной нагрузки на водоохранную зону

5.5 Оценка антропогенного давления на ВЗ Цимлянского водохранилища.

5.5.1 Методы оценки антропогенного давления на ВЗ с применением БЛА.

Движущим фактором антропогенного давления (К) на окружающую среду является человек.

Антропогенное давление представляет собой интегральную величину энергии, используемой на единицу площади территории. Для оценки антропогенного давления на исследуемой территории вводится коэффициент антропогенного давления (К). Рассчитывается он по формуле:

$$\lg K = -0,97 + 0,9 \lg ПН, \text{ где}$$

ПН – плотность населения чел./км². (Дмитриев, Фрумин, 2004).

Величина коэффициента антропогенного давления служит простым и удобным интегральным показателем, связанным с количеством сброшенных загрязненных сточных вод и выбросом металлов в географическую оболочку в процессе техногенеза (Дмитриев, Фрумин, 2004). В этой связи включение коэффициента антропогенного давления как один из факторов геоэкологической оценки является ключевым. Ранжирование данного показателя производилось по тому же принципу, что и предыдущий фактор антропогенной нагрузки (таб. 5.3).

Таблица 5.3. – шкала ранжирования антропогенного давления.

Диапазон (К)	Степень	Ранг (ровняется присвоенному баллу)
<0,04 (К)	низкая	1
0,041-0,14 (К)	средняя	2
>0,141 (К)	высокая	3

Ранжирование антропогенного давления, как и в случае с антропогенной нагрузкой производилось при помощи метода «геометрических интервалов».

5.5.2 Результаты оценки антропогенного давления.

Расчет антропогенного давления, как и в случае с антропогенной нагрузкой, производился в пределах каждой индивидуальной «ячейки». В этой связи средние и высокие значения антропогенного давления наблюдались только в пределах населенных пунктов, которые попадали на границы ВЗ (рис. 5.5), так как основополагающим параметром измерения является плотность населения.

Максимальный показатель антропогенного давления наблюдался в г. Калач-на-Дону и составлял 0.77 (К). Как мы видим из таблицы 5.4 берега в пределах водоохранной зоны с высоким антропогенным давлением наблюдаются так же в пределах г. Цимлянск и с. Нижний Чир. Характерной особенностью данных населенных пунктов является относительно высокая

плотность населения, и ее численность. На территории данных населенных пунктов имеются порты, предприятия и зоны отдыха.

Большую часть занимают населённые пункты со средним проявлением антропогенного давления, основной деятельностью в которых является сельское хозяйство и рыболовецкий промысел.

Незначительные показатели антропогенного давления наблюдаются в хуторах Подгоренская; Малокановский; Кривский; Харсеев, вызванное в первую очередь оттоком населения.

Таблица 5.4. – районирование населенных пунктов по показателю антропогенного давления, цветом выделены ранги.

Район	Население (чел.)	Плотность населения (чел./км ²)	К	Ранг (ровняется присвоенному баллу)	Населенный пункт
Калачёвский район	23500	8,92	0,77	3	Калач-на-Дону
Цимлянский район	14558	7,32	0,64	3	Цимлянск
Суровикинский район	4038	4,34	0,4	3	Нижний Чир
Котельниковский район	1501	1,31	0,14	2	Красноярский
Дубовский район	1292	1,29	0,13	2	Жуковский
Калачёвский район	2583	1,23	0,13	2	Логовский
Калачёвский район	1266	1	0,11	2	Ляпичев
Цимлянский район	1378	0,94	0,1	2	Саркел
Котельниковский район	848	0,86	0,09	2	Веселый
Цимлянский район	775	0,85	0,09	2	Новоцимлянская
Октябрьский район	1090	0,84	0,09	2	Ильмень-Суровикинский
Цимлянский район	1039	0,83	0,09	2	Калининская
Калачёвский район	352	0,8	0,09	2	Колпачки
Чернышковский район	318	0,74	0,08	2	Попов
Калачёвский район	730	0,69	0,08	2	Пятизьябинский
Котельниковский район	790	0,68	0,08	2	Нагавская

Район	Население (чел.)	Плотность населения (чел./км ²)	К	Ранг (равнивается присвоенному баллу)	Населенный пункт
Цимлянский район	488	0,68	0,08	2	Хорошевская
Цимлянский район	829	0,6	0,07	2	Крутой
Цимлянский район	441	0,56	0,06	2	Богатырев
Калачёвский район	612	0,52	0,06	2	Донской
Цимлянский район	475	0,52	0,06	2	Терновская
Суровикинский район	451	0,48	0,06	2	Суворовская
Калачёвский район	226	0,48	0,06	2	Первомайский
Октябрьский район	243	0,45	0,05	2	Верхнерубежный
Дубовский район	300	0,43	0,05	2	Овчинников
Дубовский район	265	0,34	0,04	1	Подгоренская
Октябрьский район	113	0,29	0,04	1	Малокановский
Дубовский район	86	0,21	0,03	1	Кривский
Цимлянский район	150	0,2	0,03	1	Карноуховский
Дубовский район	69	0,19	0,02	1	Харсеев

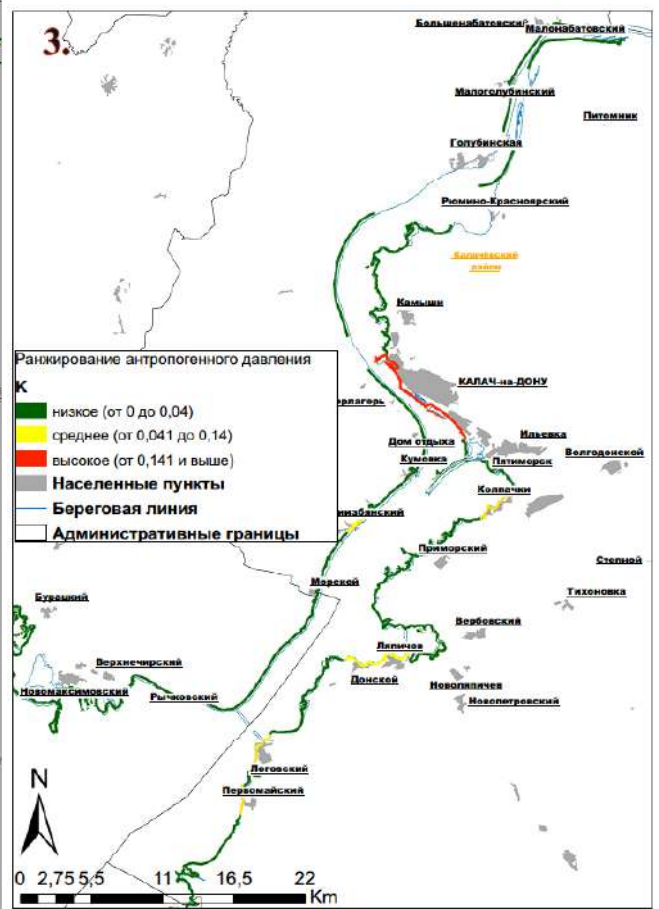
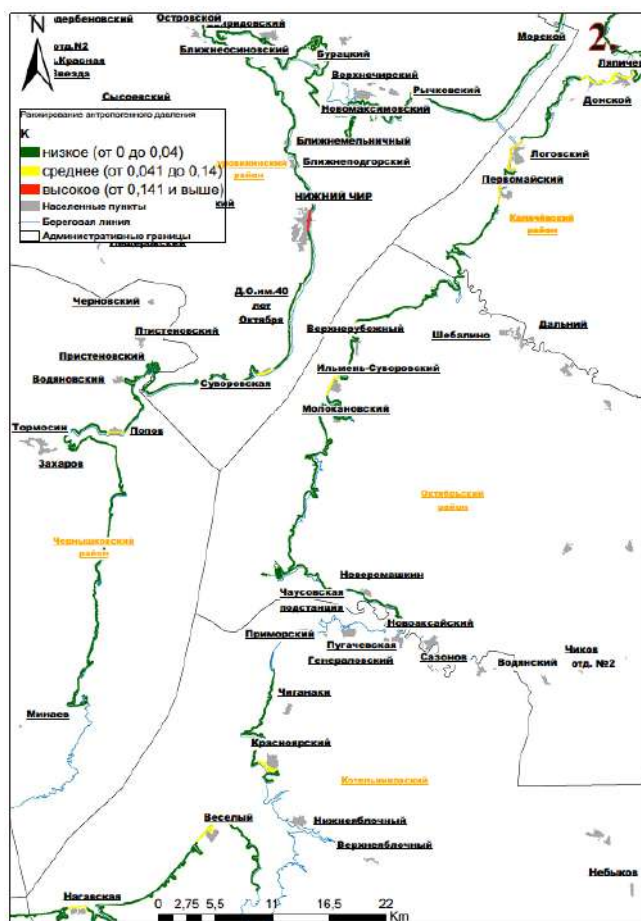
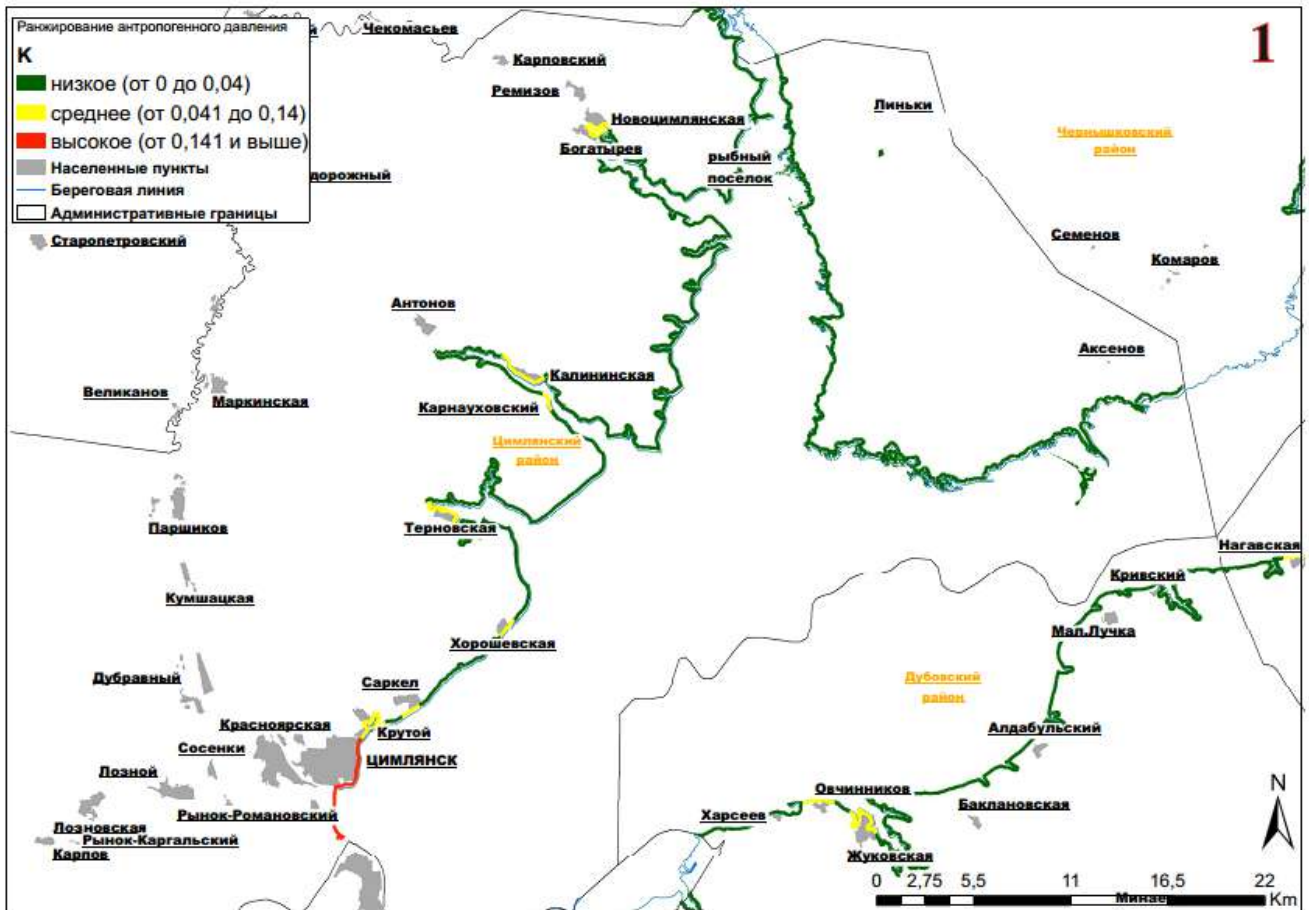


Рисунок 5.5. – Карты схемы антропогенного давления участков №1-3.

На рисунке 5.6 представлена диаграмма воздействия антропогенного давления на ВЗ в пределах населенных пунктов, так как при расчете для общей площади исследования ВЗ влияние оказывается только на 8% территории всего исследованного участка (рис. 5.7). Общее влияние антропогенного давления незначительно, так как 92% ВЗ подвержены низкому воздействию антропогенного давления, либо не подвержены вовсе. На оставшиеся 8% приходится воздействие антропогенного давления в пределах населенных пунктов. Так, 66,1% ВЗ в пределах населенных пунктов подвержены среднему воздействию антропогенного давления, 25,3% низкому и 8,5% высокому.



Рисунок 5.6. – Доли воздействия антропогенного давления на ВЗ в пределах населенных пунктов (%).

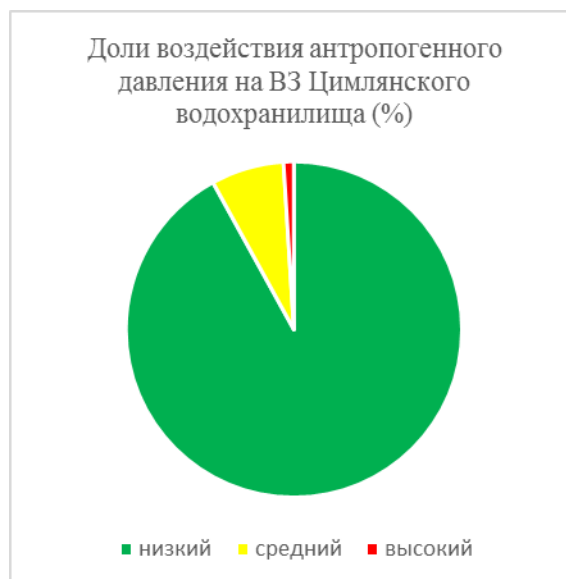


Рисунок 5.7.– Доли воздействия антропогенного давления на ВЗ Цимлянского водохранилища (%).

Выводы

- Наибольшее воздействие антропогенного давления было зафиксировано в г. Цимлянск, г. Калач-на-Дону и с. Нижний Чир
- Применение БЛА позволило локально оценить антропогенную нагрузку для каждой из выделенных «ячеек», что наглядно показывает изменение измерений ее воздействия в меньших масштабах.

6. Глава. Геоэкологическая оценка водоохранной зоны Цимлянского водохранилища.

6.1 методология комплексных геоэкологических оценок территорий ВЗ.

Экологическая оценка (ЭО) - это процесс систематического анализа и оценки экологических последствий намечаемой деятельности, консультаций с заинтересованными сторонами, а также учет результатов этого анализа и консультаций в планировании,

проектировании, утверждении и осуществлении данной деятельности. Система планирования землепользования должна проводить комплексную и систематическую ЭО (Экологическая оценка..., 2000).

Предметом экологической оценки является воздействие намечаемой деятельности на окружающую среду. Под воздействием понимаются те изменения в окружающей среде, которые полностью или частично являются результатом намечаемой деятельности. Прогноз и разработка мер по их смягчению являются одной из основных составляющих процесса ЭО. Систематическая, комплексная природа экологической оценки позволяет выявлять те воздействия, которые могут неадекватно учитываться стандартами, установленными для отдельных сред и источников воздействия.

ЭО может служить одним из основных составляющих устойчивого развития, являясь инструментом планирования и проектирования, она помогает формировать стратегические решения в соответствии с экономическими, социальными и экологическими целями устойчивого развития.

Прибрежная зона - это участок земной поверхности, включающий те территории и акватории, на которых в наиболее полной степени проявляется взаимодействие природных и социальных процессов.

Водоохранная зона - являются территории, которые примыкают к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. Ширина водоохранной зоны Цимлянского водохранилища составляет 200 метров (Водный кодекс, 2006).

Интегрированный подход к управлению развитием прибрежной зоны подразумевает, что любые проекты здесь должны сопровождаться общей оценкой воздействия на окружающую среду для соблюдения интересов всех отраслей, включая охрану природы (Петров, 1994, 2000, 2004).

Огромным блоком в интегрированной оценке воздействий является оценка благоприятности окружающей среды. В этой связи целесообразно провести районирование исследуемой территории относительно воздействия на экологическую ситуацию как природных, так и антропогенных факторов.

Теоретической и методологической основой комплексной оценки состояния окружающей среды являются руководящие идеи экологии, географии, геохимии окружающей среды, геохимии ландшафта, рассматривающие основные понятия и определения, содержание,

масштаб, методы, критерии, показатели и результаты оценки. Значительный вклад в развитие данного направления внесли работы Ю.Е. Саета и др. (1990); А.И. Перельмана, Н.С. Касимова (1999); Б.И. Кочурова (1997, 2003); В.А. Алексеенко (1990); А.Д. Хованского (1993, 1998); В.Е. Закруткина и др. (1996, 2000); Ю.А. Фёдорова (2005); В.Б. Коробова (2007); И.С. Копылова (2011) и других исследователей.

В виду специфики проводимых исследований наиболее востребованы были методы балльных оценок геоэкологической среды, предложенные в работах Коробова В.Б., Кочурова Б.И., Тутыгина А.Г., Закруткина В.Е., Кропянко Л.В, Магаева А.А. и ряда других исследователей.

6.2 Методика ранжирования ВЗ Цимлянского водохранилища на основе балльно-рейтинговой системы.

Геоэкологическая оценка с применением БЛА проаодилась в пределах ранее созданных «ячеек». В каждой из «ячеек» осуществлялся анализ проявления опасных природно-антропогенных (ПА) процессов, которые включают в себя следующие показатели: эрозионная расчлененность, интенсивность абразии берегов, антропогенное давление, антропогенная нагрузка (Глинка В.В., Беспалова Л.А. 2022).

Рангам присвоенным данным параметрам ранее были соответственно присвоены баллы от 1 до 3, в тоже время означающие степень проявления показателя:

- 1 балл – низкое проявление показателя;
- 2 балла – среднее проявление показателя;
- 3 балла – высокое проявление показателя.

Далее водоохранная зона, состоящая из 673 ячеек, была ранжирована на участки с высокой, средней и низкой степенью проявления природно-антропогенных процессов, путем объединения этих ячеек по балльным показателям. На участки с низким проявлением природно-антропогенных процессов (4-5 баллов), средним (6-7), высоким (8-11). Ранжирование производилось при помощи метода «геометрических интервалов» с учетом экспертной оценки.

На основании всех представленных материалов были сформированы 3 Карта - схемы для комплексной геоэкологической оценки территории ВЗ (рис. 6.1).

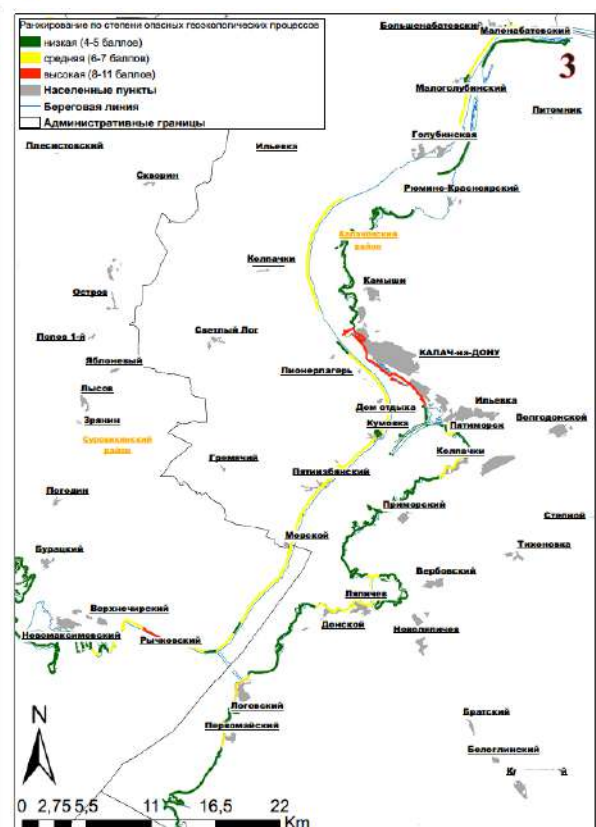
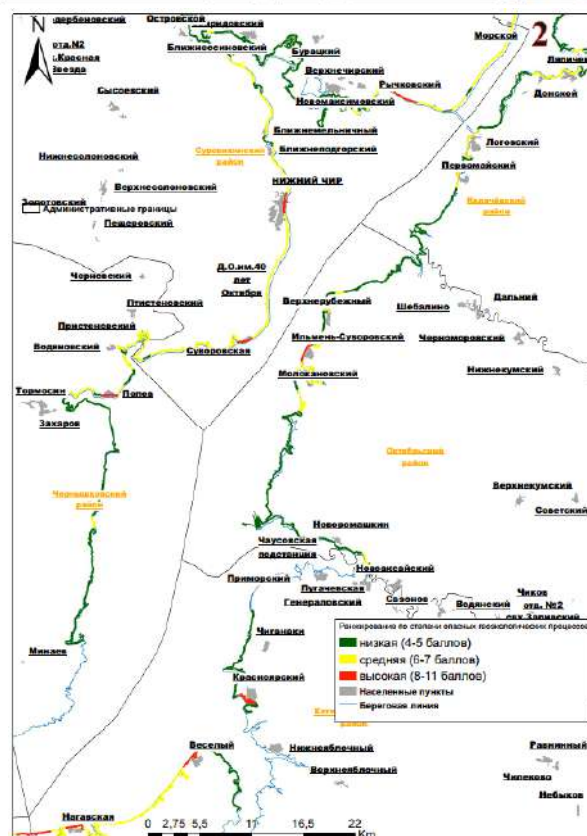
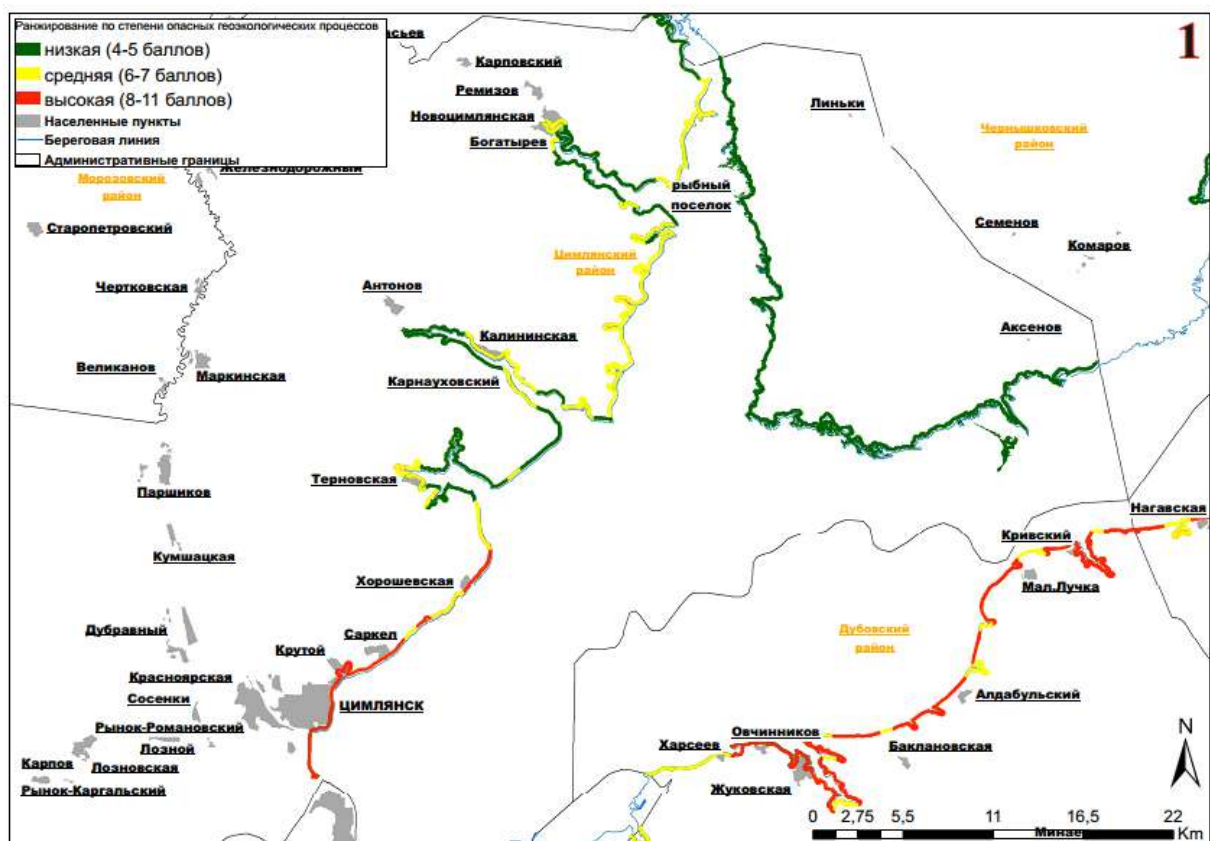


Рисунок 6.1 – Карты схемы геоэкологической оценки опасных природно-антропогенных процессов участков №1-3.

На долю с высоким проявлением природно-антропогенных процессов приходится 13 % исследованной водоохранной зоны, средним 32 % и низким 55 % (рис. 6.2).



Рисунок 6.2. – доли проявления ПА процессов.

6.3 Геоэкологическая оценка водоохранной зоны и рекомендации по минимизации природно-антропогенных воздействий

Была составлена общая карта, состоящая из трех кластеров с высоким, низким и средним проявлением ПА процессов, которая включает в себя 20 участков (объединенные «ячейки» с общими признаками), где в глобальном масштабе отражены степени проявления природно-антропогенных процессов (рис. 6.4).

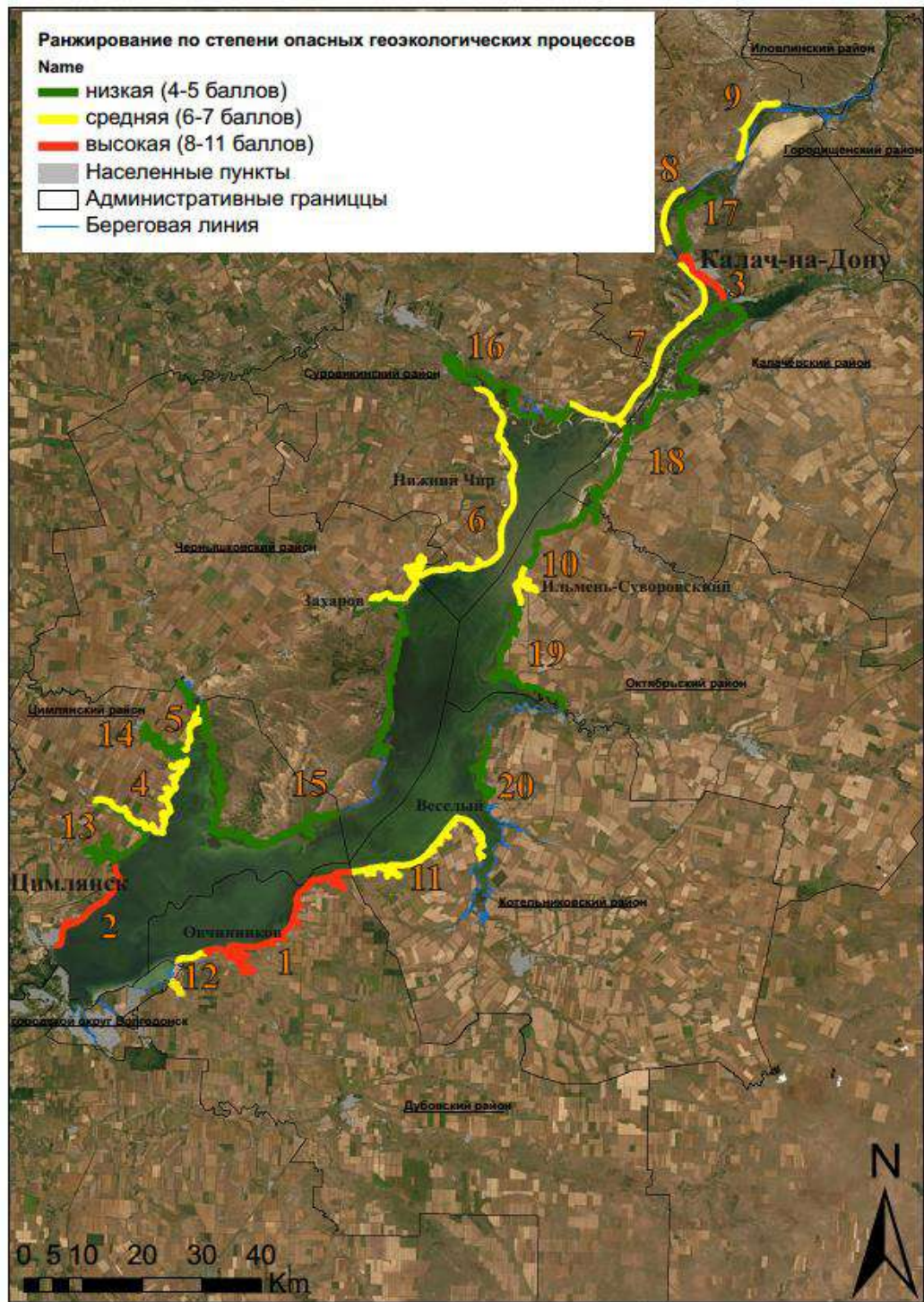


Рисунок 6.4. – геоэкологическая оценка водоохранной зоны Цимлянского водохранилища (Цифрами указаны номера участков приведенные в таблице 6.1).

В таблице 6.1 представлены общие измерения и замечания геоэкологической оценки по представленным на рисунке 6.4 кластерам.

Геоэкологическая оценка I кластера с высоким проявлением ПА процессов

Наибольший интерес представляют участки I кластера, с высоким проявлением природно-антропогенных процессов. Так, к ним можно отнести: 1) территорию в пределах почти всего Дубовского района от х. Овчинников до границы с Котельниковским районом. Общей протяженностью 77 км; 2) участок от г. Цимлянск до южного входа в Терновской залив, протяженностью 27 км; 3) участок, расположенный в пределах г. Калач-на-Дону протяженностью 17 км.

Первый участок

Основную долю занимают берега с высокой степенью проявления опасных ПА процессов. и составляют 81% от общей ВЗ исследуемого участка. остальные 19% занимают берега со средней степенью ПА процессов.

Преобладающими факторами деградации водоохранной зоны для первого участка (Дубовский район) являются высокая скорость абразии $>0,3$ м/г и высокая степень эрозионной расчленённости.

Показатели антропогенной нагрузки не значительны. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к населенным пунктам возле х. Овчинников. с. Жуковская и х. Кривский. Примечательно, что в пределах данных населенных пунктов и в близлежащих территориях было выявлено более 100 свалочных очагов площадью от 1 до 100 м²

Антропогенное давление на рассмотренном участке не велико, средние показатели были зафиксированы возле х. Овчинников и с. Жуковская.

Характерной особенностью берегов на заданном участке являются преобладание берегов с абразионными процессами более 50 %. Амплитуда высот на рассматриваемом участке высокая и варьируется от 0,5 до 30 м. Связано это в первую очередь с тем, что на участке встречаются заливы и бухты, где берега не такие высокие. В пределах заливов и бухт высота берегов варьируется от 0,5 до 10 м. в ср. 4 м. Для остального берега, наиболее высоки берега встречаются на абразионных берегах. Их высота в среднем составляет 17 м.

Низкие берега затопления (НБЗ) занимают берега общей протяженностью 43 км (53%) из них 12 км подвержены абразионным процессам. Расположены они в заливах и балках. Непосредственно абразионные берега занимают 34,4 км (42,4%) обследованного участка. И их большая часть наблюдается от Жуковского убежища до границы с Котельниковским районом. Так же незначительную часть занимают техногенные берега, представленные берегозащитными сооружениями. Располагаются они возле х. Овчинников и представляют собой каменные насыпи. Их протяженность 3,7 км. (4,6%).

В плане эрозионной расчлененности данный участок имеет следующие показатели:

- $I = \min 0,7; \max 23,8$; в среднем 9,8 (наибольшая концентрация высоких показателей располагается от Жуковского убежища до гр. с Котельниковским районом);
- $a = \min 0,04 \text{ (км)}; \max 1,24 \text{ (км)}$; в ср. 0,2 (км) (наибольшая концентрация высоких показателей располагается от Жуковского убежища до гр. с Котельниковским районом);
- $P = \min 0,1\%; \max 50,2\%$; в ср. 15% (наибольшая концентрация высоких показателей располагается в заливе возле х. Кривский).

Суммарный показатель эрозионной расчлененности: наибольшая концентрация показателей от среднего до высокого наблюдаются на участке от Жуковского залива до гр. с Котельниковским районом. В частности, наивысший балл выявлен в заливе возле х. Кривский.

К главным факторами деградации ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии. На определенном расстоянии берега требуются берегозащитные мероприятия (в пределах населенных пунктов) как пример – насыпи из бутового камня или гальки. После прошедшего шторма в мае 2018 г. часть берегозащитных сооружений требует замены. Наблюдались размытые насыпи из гальки в с. Жуковская и х. Овчинников. В х. Кривский берегозащитные мероприятия не проводились вовсе, и эта область требует пристального внимания. Так, расстояние от ближайших жилых помещений до берегового обрыва составляет менее 20 м.

Особенностью данного участка является высокая степень эрозионной расчлененности. Для предотвращения разрушения берегов требуется проведение рекультивационных работ (высадка растений, деревьев и кустарников) вдоль береговых обрывов. В ходе проведения полевых и камеральных работ были зафиксированы выпасы скота и распашки в пределах прибрежно-защитной полосы (ПЗП), что также требует урегулирования, и внимание местного управления.

Таблица 6.1. – Характеристика геоэкологических клатеров.

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфометрия и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I,а,Р (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
I (1)	занимает территорию в пределах почти всего Дубовского района от х. Овчинников до границы с Котельниковским районом. Общая протяженность участка составляет 77 км по береговой линии. Наибольшую долю занимают берега с высокой степенью проявления опасных ПА процессов. и составляют 81% от общей ВЗ исследуемого участка. остальные 19% занимают берега со средней степенью проявления ПА процессов.	низкие берега затопления (НБЗ) занимают берег общей протяженностью 43 км (53%) из них 12 км подвержены абразионным процессам,расположены они в заливах и балках.Непосредственно абразионные берега занимают 34,4 км (42,4%) обследованного участка.Так же незначительную часть занимает техногенные берега, представляющие берегозащитные сооружения. Располагаются они возле х. Овчинников (каменные насыпи) протяженностью их 3,7 км. (4,6%).	Б-I-1=3,8 км (от х. Овчинников в до Жуковского убежища) А-VII-1=27км(Жуковское убежище) Б-II-2 = 45,8 км(от Жуковского убежища до границы с Котельниковским районом).	амплитуда высот на заданном участке высокая, и варьируется от 0,5 до 30 м. Связано это в первую очередь с тем, что на участке встречаются заливы и бухты, где берега не такие высокие, в пределах заливов и бухт высота берегов варьируется от 0,5 до 10 м. в ср. 4 м. Для остального берега наиболее высоки берега встречаются на абразионных берегах, и высота их варьируется от 6 до 30 м, в среднем 17 м.	относительно сильная >0,3 м/г.	I= min 0,7 max 23,8 (ср. 9,8) (наибольшая концентрация высоких показателей располагается от Жуковского убежища до гр. с Котельниковским районом) а= min 0,04 (км) max 1,24 (км) ср. 0,2 км. (наибольшая концентрация высоких показателей располагается от Жуковского убежища до гр. с Котельниковским районом) Р= min 0,1% max 50,2% ср. 15% (наибольшая концентрация высоких показателей располагается в заливе возле х. Кривский. Суммарный показатель: наибольшая концентрация показателей от среднего до высокого наблюдаются на участке от Жуковского залива до гр. с Котельниковским районом, в частности наивысший балл наблюдается в заливе возле х. Кривский.	min 0 max 17,5 ср. 1. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к населенным пунктам возле х. Овчинников. с. Жуковская и х. Кривский.	K= min 0 max 0,13 ср 0,003 антропогенное давление на рассмотренном участке не велико, средние показатели наблюдаются возле х. Овчинников и с. Жуковская.	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии.	на определенном расстоянии берега требуются берегозащитные мероприятия (бутовый камень или галька). Эрозионная расчлененность (требуется высадка растений и регулирование выпаса скота, и распахек).

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I,а,Р (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
I (2)	располагается на участке от г. Цимлянск до южного входа в Терновской залив. Общая протяженность участка составляет 27 км. Наибольшую долю занимают берега с высокой степенью проявления опасных ПА процессов. Составляет 73% от общей ВЗ исследованного участка. Остальные 27% занимают берега со средней степенью ПА процессов.	абразионные берега занимают 18,4 км исследуемого участка, что составляет практически всю его протяженность. Не значительную долю остального берега занимают НБЗ (абразионные) 2,7 км. в заливе х. Крутой. Техногенные берега встречаются возле х. Крутой и возле водозабора Хорошевской оросительной системы. Протяженность техногенных берегов составляет 1,1 км.	В-1-2 (х. Крутой) (с. Хорошевская- вход в Терновской залив) 13,5 км. В-1-1(г. Цимлянск) от входа в Крутой залив до 2 км на ЮЗ от с. Хорошевская) 9 км.	амплитуда высот на заданном участке высокая, и варьируется от 0,5 до 40 м. Связано это в первую очередь с тем, что на участке встречаются заливы и бухты, где берега не такие высокие, в среднем в пределах заливов и бухт высота берегов варьируется от 0,5 до 4м. в ср. 1 м. Для остального берега наиболее высоки берега встречаются на абразионных берегах, и высота их варьируется от 5 до 40 м, в среднем 20м.	сильная >0,3 м/г от г. Цимлянск до п. Саркел Средняя от 0.1 до 0.3 м/г. Расположен от п. Саркел до входа в Терновской залив.	I= min 0 max 17 (ср. 7.5). На протяжении всего участка состояние показателя I можно охарактеризовать как среднее. а= min 0,06 (км) max 0,27 (км) ср. 0,11 км. Наименьшее расстояние между тальвегами наблюдается возле х. Хорошевская. Р= min 0% max 58% ср. 21,2% (наиболее высокая доля площадей оврагов наблюдается на участке от восточного входа в Крутовской залив, до западного входа в Терновской залив.	min 0 max 9,8 ср. 2,5. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к г. Цимлянск, х. Крутой и х. Саркел	K= min 0 max 0.64 ср 0.07. Наибольший антропогенного давления наблюдается возле г. Цимлянск. Средние возле х. Крутой, с. Саркел и с. Хорошевская.	к главным факторам на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность антропогенную нагрузку и скорость абразии.	на определенном расстоянии берега требуются берегозащитные мероприятия (бутавый камень или галька). Эрозионная расчлененность (требуется высадка растений и регулирование выпаса скота, и распахивание свалочных очагов возле населенных пунктов.
I (3)	располагается в пределах г. Калач- на-Дону, протяженность участка составляет 17 км. Весь участок имеет высокую степень проявления ПА процессов.	низкие берега затопления занимают протяженность 9 км (53%) на заданном участке, остальные 8 км (47%) представляют собой техногенные берега состоящие из берегозащитны	А-III-1	берега на заданном участке не высокие от 0,1 до 4 м. в ср. 1 м.	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г.	I= min 0 max 3,2 (ср.0,9) . данный показатель выражен слабо а= на большей части территории овраги отсутствуют, там где они есть имеются следующий показатели: min 0,3 (км) max 0,9 (км) ср. 0,11 км. Р= min 0% max 0,01 ср. 0,01% показатель выражен слабо	степень антропогенной нагрузки на заданном участке составляет 19 баллов (это наивысший балл для всего водохранилища в целом)	степень антропогенного давления составляет 0,77 (это наивысший показатель для всего водохранилища в целом.	к главным факторам на рассмотренном участке можно отнести антропогенное давление и антропогенную нагрузку	рекомендуется проведение инженерных-геологических мероприятий по защите от затопления жилых районов и предприятий.

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I,а,Р (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
		х сооружений в пределах причалах прибрежной территории г. Калач-на-Дону								
II (4)	располагается на участке от х. Калининская до южного входа в "Новоимлянский" залив. Располагается на участке протяженностью 50 км. Наибольшую долю занимают берега со средним проявлением ПА процессов и составляют 90,1% от общей ВЗ исследованного. уч. Остальные 9,9% занимают берега с низкой степенью ПА процессов.	НБЗ занимают берег общей протяженностью 41 км (77,5%) из них 5,6 км подвержены абразионным процессам, расположены они в заливах и балках. Непосредственно абразионно-обвальные берега занимают 12 км (22,5%) обследованного участка и их большая часть наблюдается от входа в Калининский залив до входа в Новоимлянский залив.	A-VII-1 (залив); A-V-1 (остальной берег)	в заливе высота берега варьируется от 0,5 до 3 м, в ср. 1 м. На остальном участке берега высота берегов варьируется от 3 до 9 м. и в среднем составляет 6,5 м.	интенсивность абразии в пределах залива слабая <0,1 м/г; на остальном берегу средняя от 0.1 до 0.3 м/г.	I= min 0 max 12,4 (ср. 4,7) а= min 0,08 (км) max 2,9 (км) ср. 0,4 км. Р= min 0% max 26,8% ср. 9%.	min 0 max 3,6 ср. 0,6. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к населенному пункту х. Калининская	K= min 0 max 0,09 ср 0,003 антропогенное давление на рассмотренном участке не велико, средние показатели наблюдаются возле. х. Калининская	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии, в меньшей степени антропогенную нагрузку.	на определенном расстоянии берега требуются берегозащитные мероприятия (бутовый камень или галька). Близкое расположение жилых зданий к береговой линии в х. Калининская создает и опасность затопления жилых помещений местных жителей, требуется проведение инженерно-геологических работ по защите от наводнений.
II (5)	располагается на участке от Рыбного поселка до 2,5 км на север. Всю территорию протяженностью 14,4 км занимают берега со средним проявлением ПА процессов.	низкие берега затопления	A-V-1	высота берега варьируется от 0,2 до 5 м. в ср. 2 м.	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 1,8 max 7,8 (ср. 4,6) а= min 0,12 (км) max 2,26 (км) ср. 0,28 км. Р= min 0% max 17,5% ср. 6,5%	min 0,8 max 2,4 ср. 1,1. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к Рыбному поселку.	не наблюдается	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную	эрозионная расчлененность (требуется высадка растений и регулирование выпаса скота, и распахивание).

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I,а,P (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
									ю расчлененность антропогенную нагрузку.	
П (6)	располагается на участке от х. Захаров до 5 км на ЮВ от х. Островский. Протяженностью: 75 км. Наибольшую долю занимают берега со ср. проявл. ПА процессов (75,5%). Берега с низким проявлением ПА процессов занимают 14,3 %. Остальные 10,2% занимают берега с высоким проявление ПА процессов.	абразионные берега занимают 41,4% исследуемого участка, НБЗ занимают 57,3% наибольшая концентрация которых приурочена к заливам. Остальные 1,3% занимают эрозионные и аккумулятивные берега.	А-V-2 (не знач. участок возле х. Захаров и Попов). В-I-3 участок от Д.О. им. 40 лет Октября до окраины х. Ближнемелыничный А-V-1 (не знач. участок остального берега)	в заливах высота берегов не большая от 0.1 до 2 м в ср. 0,5 м. и приурочен в основном к низким берегам затопления. На берегах абразионного типа высота берегов варьируется от 5 до 17 м. в ср. 9 м.	средняя от 0.1 до 0.3 м/г.	I= min 0 max 25 (ср. 9,4) а= min 0,12 (км) max 2,26 (км) ср. 0,28 км. P= min 0% max 46% ср. 12,2%	min 0 max 3,4 ср. 0,1. (не значительная) Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к с. Нижний Чир.	K= min 0 max 2,24 ср 0.03 антропогенное давление на рассмотренном участке не велико, высокие показатели наблюдаются возле с. Нижний Чир и средние возле с. Суворовская. И х. Попов	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии	на определенном расстоянии берега требуются берегозащитные мероприятия (бутовый камень или галька). Эрозионная расчлененность (требуется высадка растений и регулирование выпаса скота, и распашек).

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I, a, P (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
П (7)	располагается на участке от х. Верхнечирский до пионерлагеря (противоположный берег г. Калач-на-Дону) Протяженность: 52 км. Наибольшую часть занимают берега со ср. прояв. ПА процессов 78,4%. Берега с низким проявлением ПА процессов занимают 5,5%. Остальные 16,1% занимают берега с высоким проявление ПА. процессов.	абразионные берега занимают 7,5% исследуемого участка, НБЗ занимают 37,2% ; Эрозионные берега занимают наибольшую долю участка 54%, остальную не значительную долю занимают техногенные берега возле железной дороги	Г-I-2	высота берега варьируется от 2 до 60 м, в ср. 20 м.	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 4,3 max 28,3 (ср. 16,3) (высокая) a= min 0,03 (км) max 0,22 (км) ср. 0,08 Км. (высокая) P= min 0% max 45% ср. 19,5% (сред)	min 0 max 3,1 ср. 0,2. (не значительная) Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к хуторам: Рычковский, Морской, Пятиизбянский, Кумовка	K= min 0 max 0.08 ср 0.002 антропогенное давление на рассмотренном участке не велико, средние показатели наблюдаются возле х. Пятиизбянский	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность (Крайне высокая)	эрозионная расчленённость (требуется высадка растений и регулирование выпаса скота, и распахек).
П (8)	располагается возле х. Ложки протяженностью 11 км, полностью состоит из берегов со ср. проявлением ПА процессов	эрозионные	Г-I-2	высота берега варьируется от 17 до 62 м, в ср. 38,5 м.	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 14,3 max 26 (ср. 19,7) (высокая) a= min 0,04 (км) max 0,07 (км) ср. 0,05 км. (высокая) P= min 31,2% max 53,5% ср. 44% (сред)	не наблюдается	не наблюдается	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность (Крайне высокая)	

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I, a, P (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
II (9)	располагается на участке от 2 км на СВ х. Голубинская до х. Малонабатовский. Протяженностью 11,5 км на 80 % состоит из берегов со ср. проявл. ПА процессов. Остальные 20% приурочены к низкому проявлению	НБЗ 55%; Эрозионные 45%	Г-I-2; А-I-1 (х. Малонабатовский)	высота берега варьируется от 0,5 до 50 м, в ср. 34,5 м.	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 8 max 40,1 (ср. 29,7) (высокая) a= min 0,02 (км) max 0,12 (км) ср. 0,04 км. (высокая) P= min 6% max 60% ср. 32% (сред)	min 0 max 0,8 ср. 0,1. (не значительная)	не наблюдается	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность (Крайне высокая)	эрозионная расчлененность (требуется высадка растений)
II (10)	располагается на участке от 2,5 км на СВ от Ильмень-Суворовская до 3 км на ЮЗ от х. Малокановская. Протяженностью 23 км. Наибольшую часть занимают берега со ср. проявл. ПА процессов 77,6%. Берега с низким проявлением ПА. процессов занимают 12 %. Остальные 10,4% занимают берега с высоким проявление ПА. процессов.	НБЗ с преобладание абразионных процессов занимают 88%; 6% занимают абразионные берега и 6% техногенные	А-II-1	высота берега варьируется от 0,1 до 3 м, в ср. 1,5 м.	средняя от 0.1 до 0.3 м/г.	I= min 0 max 10,6 (ср. 3,4) (средняя) a= min 0,09 (км) max 4,19 (км) ср. 0,65 км. (низкая) P= min 0% max 15% ср. 5,3% (сред)	min 0 max 1,8 ср. 0,3 (не значительная)	K= min 0 max 0,09 ср 0,01. (не значительная) средние показатели наблюдаются возле х. Ильмень-Сурувикинский и Верхнерубежский	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии	эрозионная расчлененность (требуется высадка растений и регулирование выпаса скота, и распахек).
II (11)	располагается на участке от х. Веселый до границы с Дубовским районом. Протяженностью 43 км. Наибольшую часть занимает берега со ср. проявл. ПА процессов 77,8%. Остальные 22,2% занимают берега с высоким проявление ПА. процессов.	НБЗ приурочены к заливам и составляют 55%, Абразионные берега на заданном участке занимают 45 %	Б-I-1 (х. Веселый-вход в Нагавский залив); А-VII-1(Нагавский залив) Б-1-2(с. Нагавская, - граница Дубовского района)	высота берегов в Нагавском заливе варьируется от 1 до 11 м и в ср. составляет 4,5м. Для остального берега высота варьируется от 3 до 30 м. и в ср. составляет 16 м.	средняя от 0.1 до 0.3 м/г.	I= min 0 max 10,6 (ср. 3,4) (средняя) a= min 0,5 (км) max 1,16 (км) ср. 0,7 км. (средняя) P= min 0% max 25% ср. 16% (средняя)	min 0 max 2 ср. 0,16 (не значительная)	K= min 0 max 0,09 ср 0,006. (не значительная). Средние показатели наблюдаются возле х. Веселый и х. Нагавская	к главным факторами деградации и ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии	эрозионная расчлененность (требуется высадка растений и регулирование выпаса скота, и распахек). Требуется берегозащитные сооружения.

№ кластера (№ участка))	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I,а,Р (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
II (12)	располагается на участке от х. Харсеев до западного входа в залив возле х. Подгоренская. Протяженностью 16 км. 100% берега со средним проявлением ПА процессов.	НБЗ	А-VII-1 (залив); Б-I-1 (восточный вход в залив - х. Харсеев)	высота берегов варьируется от 1 до 4 м.	интенсивность абразии сильная >0,3 м/г	I= min 0 max 1 (ср. 0,9) (низкая) а= min 0,09 (км) max 4,19 (км) ср. 0,65 км. (низкая) Р= min 0% max 15% ср. 5,3% (сред)	min 0 max 2,8 ср. 0,55 (не значительная)	K= min 0 max 0,04 ср 0.006. (не значительная),	к главным факторами деградации ВЗ на рассмотренном участке можно отнести скорость абразии	требуется реконструкция берегозащитных сооружений
III (13)	располагается на участке от южного входа в Терновской залив, до х. Антоновка. Протяженностью 48 км. 75% берега с низким проявление ПА процессов. Остальные 25 % со средним проявлением	НБЗ	В-I-2 (Южный вход в Терновской залив) А-VII-1 (Терновской залив, Калининский залив) А-V-1 (Берег между Терновским и Калининским заливами)	высота берегов варьируется в заливах варьируется от 0,1 до 3 м. в ср. 1 м. Между Терновским и Калининским заливами высота берегов в ср. составляет 3,5 м.	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 0 max 10,5 (ср. 2,8) (низкая) а= min 0,09 (км) max 3,07 (км) ср. 0,64 км. (низкая) Р= min 0% max 14,5% ср. 2% (низкая)	min 0 max 3,1 ср. 0,45 (не значительная)	K= min 0 max 0,6 ср 0.003. (не значительная). Средние показатели наблюдаются возле х. Терновская и х. Карнауховский	факторы деградации ВЗ на данном участке незначительны	регулировать распашку и выпаса скота.
III (14)	располагается в Новодимлянском Заливе. Протяженностью 31,5 км. 74,5% берега с низким проявлением ПА процессов. Остальные 25,5% со средним проявлением (в основном возле х. Богатырев и с. Новозимлянская	НБЗ	А-V-1	высота берегов варьируется от 0,1 до 3 м. в среднем 0,5 м	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 0 max 8,8 (ср. 2,7) (низкая) а= min 0,1 (км) max 2,56 (км) ср. 0,8 км. (низкая) Р= min 0% max 14,3% ср. 4,4% (средняя)	min 0 max 2,4 ср. 0,1 (не значительная)	K= min 0 max 0,09 ср. 0.006. (не значительная), средние показатели наблюдаются возле х. Богатырев и с. Новодимлянская	факторы деградации ВЗ на данном участке незначительны	

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I,а,P (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
III (15)	располагается на участке от 5 км на Ю от х. Нижнегнутов до х. Захаров. (включая Заказник Цимлянский) Протяженность 247 км. Берега с низким проявлением ПА процессов 98,7% остальную незначительную часть занимают берега с низким проявлением ПА процессов.	большую часть занимают абразионно-аккумулятивно бухтовые берега	A-V-2	высота берегов варьируется от 0,1 до 1 м. в среднем 0,5 м	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 0 max 9 (ср. 1,2) (низкая) а= min 0,1 (км) max 1,83 (км) ср. 0,68 км. (низкая). На 40% участка овраги отсутствуют P= min 0% max 17% ср. 1,8% (низкая)	min 0 max 0,7ср. 0,01 (крайне незначительная)	не наблюдается	факторы деградации и ВЗ на данном участке незначительны	
III (16)	располагается на участке от 5 км на ЮЗ от х. Островской до х. Верхнечирский. Протяженность 83 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляет 97,5%, остальные 2,5 %. Среднее	НБЗ	A-II-1	высота берегов варьируется от 0,1 до 2 м. в среднем 0,8 м	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 0 max 6,2 (ср. 0,9) (низкая) а= min 0,1 (км) max 3,03 (км) ср. 0,9 км. (низкая). На 40% участка овраги отсутствуют P= min 0% max 12% ср. 0,4% (низкая)	min 0 max 3 ср. 0,22 (крайне незначительная)	не наблюдается	факторы деградации и ВЗ на данном участке незначительны	Требуется контроль за выпасом скота.
III (17)	располагается на участке от х. Рюмино-Красноярский до г. Калач-на-Дону. Протяженность ВЗ 23 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляет 95,5%, остальные 4,5 %. Среднее.	НБЗ	A-III-1	высота берегов варьируется от 0,1 до 3 м. в среднем 0,6 м	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 0 max 6,1 (ср. 1,3) (низкая) а= min 0,16 (км) max 4,03 (км) ср. 1,17 км. (низкая). P= min 0% max 5,7% ср. 0,4% (низкая)	min 0 max 1,9 ср. 0,19 (крайне незначительная)	не наблюдается	факторы деградации и ВЗ на данном участке незначительны	требуется урегулирование выпаса и распашек в ПЗП

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I,а,P (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
III (18)	располагается на участке от г. Калач-на-Дону до х. Ильмень-Суворовский Протяженность ВЗ 135 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляет 84%, 16 %. Среднее.	НБЗ занимают 85%; 10% занимают техногенные и остальные 5% занимают абразионно-обвальные и эрозионные берега.	А-II-1 (г. Калач-на-Дону - Х. Приморский; граница с Калачевским районом - х. Ильмень-Суворовский.) А-IV-1(залив возле х. Ляпичев) А-III-1 (залив возле х. Ляпичев; х. Первомайский - граница с Октябрьским районом) А-I-2 (х. Логовский)	высота берегов варьируется от 0,1 до 10 м. в среднем 2,1 м.	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 0 max 10,2 (ср. 2,4) (низкая) а= min 0,09 (км) max 7 (км) ср. 0,9 км. (низ). На 30 % участка овраги отсутствуют P= min 0% max 21% ср. 2% (низкая)	min 0 max 2,4 ср. 0,2 (крайне незначительная)	K= min 0 max 0.13 ср 0.006. (незначительная), средняя степень наблюдается возле х. Колпачки, Ляпичев, Донской Логовский, Первомайский,	факторы деградации ВЗ на данном участке незначительны.	урегулирование выпаса и распахивание в ПЗП
III (19)	располагается на участке от х. Малокановский до х. Генераловский . Протяженность ВЗ 67км. Берега с низким проявлением П-Т процессов составляет 88,4%. Остальной берег 11,6% среднее	НБЗ	А-II-1 (Ильмень-Суворовский до входа в залив) А-IV-1 (залив)	высота берегов в заливе варьируется от 0,1 до 2 м. в среднем 1 м. На остальном берегу высота варьируется от 1 до 4 м. в ср 2,8 м.	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 0 max 10 (ср. 2,5) (низкая) а= min 0,09 (км) max 1,6 (км) ср. 0,6 км. (низ). На 30 % участка овраги отсутствуют P= min 0% max 18,5% ср. 2,7% (низкая)	min 0 max 1,9 ср. 0,1 (крайне незначительная)	не наблюдается	факторы деградации ВЗ на данном участке незначительны	урегулирование распахивания в ПЗП

№ кластера (№ участка)	Название (географическое положение)	Тип берега на участке	Литология	Морфология и морфометрия (обрывы, высота, и т.д.)	Скорость абразии	Эрозионная расчлененность (I,а,P (заовраженность))	Антропогенная нагрузка	Антропогенное давление	Главный фактор	Рекомендации и т.д.
III (20)	располагается на участке от п. Чиганки до х. Красноярский. Протяженность 25,7 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляет 85%. Остальной берег 15% высокое. Приурочены к х. Красноярский	НБЗ	A-IV-1	высота берегов варьируется от 0,1 до 3 м. в среднем 1,5 м	интенсивность абразии слабая <0,1 м/г	I= min 0 max 5,8 (ср. 1,2) (низкая) а= min 0,17 (км) max 1,3 (км) ср. 0,7 км. (низ). На 50 % участка овраги отсутствуют P= min 0% max 8,5% ср. 1% (низкая)	min 0 max 3,3 ср. 0,3 (крайне незначительная)	K= min 0 max 0.14 ср 0.09, (незначительная), средняя степень наблюдается возле х. Красноярский	факторы деградации ВЗ на данном участке незначительны. Заисключены х. Красноярский, где наблюдается высокая степень антропогенной нагрузки, и средняя степень антропогенного давления и эрозионной расчлененности.	на определенном расстоянии берега требуются берегозащитные мероприятия (бутовый камень или галька). Эрозионная расчлененность (требуется высадка растений и регулирование выпаса скота, и распахивание).

Второй участок

Располагается от г. Цимлянск до южного входа в Терновской залив. Общая протяженность участка составляет 27 км. Наибольшую долю занимают берега с высокой степенью проявления опасных ПА процессов. Что составляет 73% от общей ВЗ исследованного участка. Остальные 27% занимают берега со средней степенью проявления ПА процессов.

К абразионным берегам относятся 18,4 км исследуемого участка. Не значительную долю остального берега занимают НБЗ (абразионные) в заливе возле х. Крутой, их протяженность 2,7 км. Техногенные берега встречаются возле х. Крутой и возле водозабора Хорошевской оросительной системы. Протяженность техногенных берегов составляет 1,1 км.

Амплитуда высот на заданном участке высокая и варьируется от 0,5 до 40 м. Связано это в первую очередь с тем, что на участке встречаются заливы и бухты, где берега не высокие. В пределах заливов и бухт высота берегов варьируется от 0,5 до 4 м, в среднем 1 м. Для остального берега наиболее высокие берега встречаются на абразионных берегах, и высота их варьируется от 5 до 40 м, в среднем 20 м.

Скорость абразии на участке от г. Цимлянск до п. Саркел сильная >0.3 м/г. Средний показатель от 0.1 до 0.3 м/г. наблюдается от п. Саркел до входа в Терновской залив.

Показатели эрозионной расчлененности:

- $I = \min 0$; $\max 17$; в ср. 7.5 (на протяжении всего участка состояние показателя I можно охарактеризовать как среднее);
- $a = \min 0,06$ (км); $\max 0,27$ (км); в ср. 0,11 (км) (наименьшее расстояние между тальвегами наблюдается возле х. Хорошевская);
- $P = \min 0\%$; $\max 58\%$; в ср. 21,2% (наиболее высокая доля площадей оврагов выделено на участке от восточного входа в Крутовской залив, до западного входа в Терновской залив).

Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к г. Цимлянск, х. Крутой и х. Саркел. В частности, в х. Крутой были зафиксировано более 30 свалочных очагов разной площади.

Антропогенное давление не значительное и в пределах рассмотренного участка в среднем составляет 0.07 (К). Наибольший показатель антропогенного давления наблюдается возле г. Цимлянск. Средние возле х. Крутой, х. Саркел и с. Хорошевская.

К главным факторам проявления опасных ПА процессов на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность, антропогенную нагрузку и скорость абразии.

В пределах х. Саркел и с. Хорошевская настоятельно рекомендуется проведение берегозащитных мероприятий (бутовый камень, галька). Жилые дома уже на данный момент находиться в опасной близости к береговому обрыву 6-10 метров. А также требуется высадка

растений для предотвращения эрозионных процессов. На выделенном участке в пределах ПЗП за период наблюдений с 2017 по 2021 годы неоднократно фиксировались распашки, выпас скота и многочисленные свалочные очаги в районах населённых пунктов г. Цимлянск, х. Крутой, х. Саркел и с. Хорошевская. Особое внимание стоит обратить на кладбище в х. Саркел, которое располагается в 60 м. от берегового обрыва.

Третий участок

Располагается в пределах г. Калач-на-Дону, протяженность участка составляет 17 км. Весь участок имеет высокую степень проявления ПА процессов.

Низкие берега затопления занимают 9 км (53%) на заданном участке, остальные 8 км (47%) представляют собой техногенные берега.

Берега на заданном участке не высокие от 0,1 до 4 м., в ср. 1 м. Интенсивность абразии выражена слабо <0,1 м/г.

Показатели эрозионных процессов выражены слабо:

- $I = \min 0; \max 3,2; \text{ в ср. } 0,9$ (данный показатель выражен слабо);
- $a =$ на большей части территории овраги отсутствуют. Там, где они есть, имеются следующие показатели: $\min 0,3$ (км); $\max 0,9$ (км); в ср. 0,11 км;
- $P = \min 0\%; \max 0,01; \text{ в ср. } 0,01\%$ (показатель выражен слабо).

Хотя и природные процессы на участке слабые, в тоже время наблюдается наивысшее проявление антропогенных процессов по сравнению с ВЗ всего изученного водохранилища. Степень антропогенного давления составляет 0,77 (это наивысший показатель для всего водохранилища в целом). Степень антропогенной нагрузки на заданном участке составляет 19 баллов (так же является наивысшим баллом для всего водохранилища в целом).

К главным факторам ПА процессов на рассмотренном участке можно отнести антропогенное давление и антропогенную нагрузку. Высокая степень антропогенной нагрузки выражено большим количеством действующих предприятий, портов, баз отдыха, земельных участков и т.д. находящихся в пределах ВЗ. Близкое расположение жилых зданий и предприятий к береговой линии создают высокий риск затопления, так как берега на заданном участке низкие, хотя и уровень воды в Цимлянском водохранилище долгий период времени не превышал НПУ. Долгие годы мы наблюдаем увеличение зон осушки для всего водохранилища в целом, но риск подтопления территории сохраняется. Рекомендуется проведение инженерных-геологических мероприятий по защите от подтопления жилых районов и предприятий. Скопления свалочных очагов и других видимых загрязнений водоохранной зоны выявлено не было.

Геоэкологическая II кластера со средним проявлением ПА процессов

Участки с 4 по 12 представляют собой кластер с преобладанием среднего проявления ПА процессов. Общая протяженность кластера составляет 344 км.

Четвертый участок

Располагается от х. Калининская до южного входа в "Новоцимлянский" залив. Протяженностью 50 км. Наибольшую долю занимают берега со средним проявлением ПА процессов и составляют 90,1% от общей ВЗ исследованного участка. Остальные 9,9% занимают берега с низкой степенью проявления ПА процессов.

Низкие берега затопления (НБЗ) составляют берег общей протяженностью 41 км (77,5%). Из них 5,6 км подвержены абразионным процессам. Расположены они в заливах и балках. Непосредственно абразионно-обвальные берега занимают 12 км (22,5%) обследованного участка. Из них большая часть наблюдается от входа в Калининский залив до южного входа в Новоцимлянский залив.

В заливе высота берега варьируется от 0,5 до 3 м, в ср. 1 м. На остальном участке берега высота берегов варьируется от 3 до 9 м. и в среднем составляет 6,5 м.

Интенсивность абразии в пределах залива слабая <0,1 м/г; на остальном берегу средняя от 0.1 до 0.3 м/г.

Параметры эрозионной расчлененности средние:

- $I = \min 0$; $\max 12,4$; в ср. 4,7;
- $a = \min 0,08$ (км); $\max 2,9$ (км); в ср. 0,4 км;
- $P = \min 0\%$; $\max 26,8\%$; в ср. 9%.

Высокие показатели эрозионной расчлененности встречаются локально и приурочены к балкам. В пределах х. Калининская эрозионная расчлененность не наблюдалась.

Антропогенная нагрузка: $\min 0$; $\max 3,6$; в ср. 0,6. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к населенному пункту х. Калининская. Основным источником антропогенной нагрузки на заданном участке являются свалочные очаги не большой площади до 3 м², разные по составу, с преобладанием органического происхождения (навоз) в пределах х. Калининская.

Антропогенное давление на рассмотренном участке не велико. Средние показатели наблюдаются возле х. Калининская. К главным факторами деградация ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии, в меньшей степени антропогенную нагрузку.

Близкое расположение жилых зданий к береговой линии в х. Калининская создает и опасность затопления жилых помещений местных жителей. Требуется проведение инженерно-геологических работ по защите от наводнений. Усугубляется близкое расположение жилых зданий к берегу тем, что местные жители складировывают навоз и другие бытовые отходы в непосредственной близости к водному объекту. Было зафиксировано более 30 свалочных очагов. Что требует внимания местного управления.

На участке неоднократно за период наблюдений фиксировали распашки, выпасы скота и другие нарушения. Требуется проведение рекультивационных мероприятий в сфере эрозионной расчлененности (высадка растений, регулирование выпаса).

Пятый участок

Располагается от Рыбного поселка до 2,5 км на север. Вся территорию протяженностью 14,4 км занимают берега со средним проявлением ПА процессов. Характерной особенностью является наличие низких берегов затопления на протяжении всего заданного участка. Высота берега варьируется от 0,2 до 5 м. в ср. 2 м

Интенсивность проявления абразии слабая $< 0,1$ м/г.

Показатели эрозионная расчлененности средние:

- $I = \min 1,8; \max 7,8; \text{ в ср. } 4,6;$
- $a = \min 0,12 \text{ (км); } \max 2,26 \text{ (км); в ср. } 0,28 \text{ км;}$
- $P = \min 0\% \max 17,5\% \text{ ср. } 6,5\%.$

Наблюдается антропогенная нагрузка с $\min 0,8 \max 2,4$ ср. 1,1. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к Рыбному поселку, где были зафиксированы свалочные очаги, рыболовецкие станы и предприятия.

К главным факторами деградации ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и антропогенную нагрузку.

В ходе камеральных работ было выявлено распашки, попадающие в ПЗП на большей территории заданного участка, что требует урегулирования. Совместно со средним проявлением эрозионных процессов создается опасность деградации береговой линии в будущем. Помимо этого, были выявлены действующие рыболовецкие станы, где наблюдалось загрязнение бытовыми отходами, что также создают антропогенную нагрузку на ВЗ.

Шестой участок

Располагается от х. Захаров до 5 км на ЮВ от х. Островский. Протяженностью: 75 км. Наибольшую долю занимают берега со средним проявлением ПА процессов (75,5%). Берега с низким проявлением ПА процессов занимают 14,3 %. Остальные 10,2% занимают берега с высоким проявлением ПА процессов.

Абразионные берега составляют 41,4% исследуемого участка, НБЗ занимают 57,3%, наибольшая концентрация которых приурочена к заливам. Остальные 1,3% составляют эрозионные и аккумулятивные берега.

В заливах высота берегов не большая от 0.1 до 2 м в ср. 0,5 м. Они приурочены в основном к низким берегам затопления. На берегах абразионного типа высота берегов варьируется от 5 до 17 м. в ср. 9 м. Скорость абразии средняя от 0.1 до 0.3 м/г.

Степень эрозионной расчлененности чередуется от средней до высокой. И состоит из следующих параметров:

$I = \min 0; \max 25; \text{ в ср. } 9,4$;

$a = \min 0,12 \text{ (км)}; \max 2,26 \text{ (км)}; \text{ в ср. } 0,28 \text{ км}$;

$P = \min 0\%; \max 46\%; \text{ в ср. } 12,2\%$.

Высокие показатели эрозионной расчлененности наблюдаются на участке от с. Суворовская до с. Нижний Чир.

Выделены следующие показатели антропогенной нагрузки: $\min 0 \max 3,4$ в ср. 0,1. Данный параметр выражен не значительно. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к с. Нижний Чир, где наблюдается порт, рыболовецкий цех и частные земельные участки в ВЗ, свалочных очагов выявлено не было.

Антропогенное давление на заданном участке не значительно, относительно высокие показатели наблюдаются возле с. Нижний Чир и средние возле с. Суворовская и х. Попов.

На представленном участке требуется проведение берегозащитных мероприятий в пределах с. Суворовской, так как жилые помещения находятся в опасной близости к береговой линии локально от 5 до 10 м. Берега возле данного населенного пункта подвержены абразионным и эрозионным процессам.

Седьмой участок

Располагается от х. Верхнечирский до пионерлагеря (противоположный берег г. Калачна-Дону). Протяженность участка составляет 52 км. Наибольшую часть занимают берега со средним проявление ПА процессов 78,4%. Берега с низким проявлением ПА процессов составляют 5,5 %. Остальные 16,1% относятся к берегам с высоким проявление ПА процессов.

Абразионные берега занимают 7,5% исследуемого участка, НБЗ составляют 37,2%. Эрозионные берега занимают наибольшую долю участка 54%. Остальная не значительная доля берегов относится к техногенным, которые представлены берегозащитными сооружениями возле железной дороги.

Высота берега варьируется от 2 до 60 м. в ср. 20 м. Интенсивность проявления абразии слабая $< 0,1 \text{ м/г}$.

Степень проявления эрозионной расчленённости на участке крайне высокая и состоит из следующих параметров:

- $I = \min 4,3; \max 28,3; \text{ в ср. } 16,3$; (высокая);
- $a = \min 0,03 \text{ (км)}; \max 0,22 \text{ (км)}; \text{ в ср. } 0,08 \text{ км}$. (высокая);
- $P = \min 0\%; \max 45\%; \text{ в ср. } 19,5\%$; (средняя).

Степень антропогенной нагрузки не значительная, с $\min 0 \max 3,1$ в ср. 0,2. Наибольшая степень антропогенной нагрузки приурочена к хуторам: Рычковский, Морской, Пятиизбянский,

Кумовка. В пределах каждого из представленных населенных пунктов на территории ПЗП были зафиксированы действующие кладбища, расположение которых не законно и требует перезахоронения. Помимо кладбищ были зафиксированы и другие антропогенные объекты: рыболовецкие станы, базы отдыха, водозаборы, свалочные очаги и т.д.

Антропогенное давление не велико. Средние показатели наблюдаются возле х. Пятиизбянский. В остальных населенных пунктах давление низкое. Вызвано это в первую очередь оттоком населения.

К главным факторами деградации ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность (крайне высокая). Для уменьшения деградации ВЗ требуется высадка растений, регулирование выпаса рогатого скота и распашек в пределах ПЗП. Особое внимание требуется уделить именно уменьшению эрозионного воздействия и перезахоронению не законных кладбищ.

Восьмой участок

Располагается возле х. Ложки протяженностью 11 км, полностью состоит из берегов со средним проявлением ПА процессов. Берега эрозионного типа с высотой от 17 до 62 м. в среднем 38,5 м.

Интенсивность абразионных процессов слабая $<0,1$ м/г.

Берега имеют крайне высокую эрозионную расчлененность и включает в себя следующие показатели:

- $I = \min 14,3; \max 26; \text{в ср. } 19,7$ (высокая);
- $a = \min 0,04$ (км); $\max 0,07$ (км); в ср. 0,05 км. (высокая);
- $P = \min 31,2\%; \max 53,5\%; \text{в ср. } 44\%$ (средняя).

Антропогенной нагрузки и антропогенного давления на данном участке не наблюдается.

К главному фактору деградации ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность. Участок выделен в удалении от населенных пунктов и находится в стабильном состоянии, каких-либо рекультивационных работ не требуется.

Девятый участок

Располагается от 2 км на СВ х. Голубинская до х. Малонабатовский. Протяженностью 11,5 км. На 80 % состоит из берегов со средним проявлением ПА процессов. Остальные 20 % приурочены к низкому проявлению.

Низкие берега затопления занимают 55% участка. Остальные 45% относятся к берегам эрозионного типа. Высота берегов варьируется от 0,5 до 50 м, в среднем 34,5 м. Интенсивность проявления абразии слабая $<0,1$ м/г.

Эрозионная расчлененность на заданном участке крайне высокая и имеет следующие показатели:

- $I = \min 8; \max 40,1; \text{ в ср. } 29,7$ (высокая);
- $a = \min 0,02 \text{ (км)}; \max 0,12 \text{ (км)}; \text{ в ср. } 0,04 \text{ км}$ (высокая);
- $P = \min 6\%; \max 60\%; \text{ в ср. } 32\%$ (сред).

Антропогенная нагрузка не значительная: $\min 0, \max 0,8$ в ср. 0,1. Было зафиксировано лишь одно личное подсобное хозяйство.

В пределах береговой линии требуется высадка растений для уменьшения эрозионных процессов.

Десятый участок

Располагается от 2,5 км на СВ от х. Ильмень-Суворовская до 3 км на ЮЗ от х. Малокановская. Протяженностью 23 км. Большую часть занимают берега со средним проявлением ПА процессов 77,6%. Берега с низким проявлением ПА. процессов занимают 12 %. Остальные 10,4% составляют берега с высоким проявление ПА. процессов.

НБЗ с преобладание абразионных процессов занимают 88%, 6% составляют абразионные берега и 6% техногенные (берегозащитные сооружениями). Высота берега варьируется от 0,1 до 3 м, в среднем 1,5 м. Скорость абразионных процессов средняя от 0.1 до 0.3 м/г.

Наблюдается среднее проявление эрозионной расчлененности со следующими показателями:

- $I = \min 0; \max 10,6; \text{ в ср. } 3,4$ (средняя);
- $a = \min 0,09 \text{ (км)}; \max 4,19 \text{ (км)}; \text{ в ср. } 0,65 \text{ км}$ (низкая);
- $P = \min 0\%; \max 15\%; \text{ в ср. } 5,3\%$ (сред).

Показатели антропогенной нагрузки не значительные: $\min 0, \max 1,8$, в среднем 0,3. Влияние антропогенного давления так же не значительно $\min 0; \max 0.09$; в среднем 0.01. При этом средние показатели приурочены к х. Ильмень-Сурувикинский и х. Верхнерубежный.

К главным факторам деградации ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии, в меньшей степени антропогенную нагрузку и антропогенное давление. В пределах х. Верхнерубежный требуется проведение берегозащитных мероприятий. Предпочтительным является применение бутового камня или гальки. Также рекомендуется высадка растений для укрепления абразионных берегов. Берега возле х. Ильмень-Сурувикинский имеют берегозащиту в виде галечной насыпи и дополнительных работ на данный момент не требуют.

Одиннадцатый участок

Располагается от х. Веселый до границы с Дубовским районом, протяженностью 43 км. Большую часть занимает берега со средним проявлением ПА процессов 77,8%. Остальные 22,2% относятся к берегам с высоким проявление ПА. процессов.

НБЗ расположены в заливах и составляют 55%, Абразионные берега на заданном участке занимают 45 %. Высота берегов в Нагавском заливе варьируется от 1 до 11 м, в среднем имеют высоту 4,5 м. Для остального берега высота составляет 3-30 м. и в среднем для всего участка имеют высоту 16 м. Интенсивность абразионных процессов по результатам наблюдений среднее от 0.1 до 0.3 м/г. Исключение составляет не большой участок возле х. Веселый, где за период наблюдений с 2017 по 2021 г. фиксировалось отступление берега более чем на 6 м.

Участок характеризуется средним проявлением эрозионных процессов:

- $I = \min 0; \max 10,6; \text{ в ср. } 3,4$ (средняя);
- $a = \min 0,5 \text{ (км)}; \max 1,16 \text{ (км)}; \text{ в ср. } 0,7 \text{ км}$ (среднее);
- $P = \min 0\%; \max 25\%; \text{ в ср. } 16\%$ (среднее).

Показатели антропогенной нагрузки не значительны $\min 0; \max 2; \text{ средний } 0,16$.

Средние показатели антропогенного давления наблюдаются возле х. Веселый и х. Нагавская.

К главным факторами деградации ВЗ на рассмотренном участке можно отнести эрозионную расчлененность и скорость абразии. Жилые дома в х. Веселый находятся в опасной близости к береговому обрыву (были зафиксированы уже обрушающиеся жилые помещения). Рекомендуется незамедлительное проведение берегозащитных мероприятий, по возможности переселение жильцов прибрежной зоны. Было зафиксировано обрушающееся старое кладбище, которое также требует перезахоронения. Берега возле х. Нагавская также требуют берегозащитных мероприятий. Ближайшее жилое здание находится на расстоянии 50 м. от берегового обрыва.

Рекомендуется высадка растений для уменьшения эрозионных процессов. Также регулирование выпаса рогатого скота.

Двенадцатый участок

Располагается от х. Харсеев до западного входа в залив возле х. Подгоренская. Протяженностью 16 км. Весь берег характеризуется средним проявлением ПА процессов.

На всем протяжении участка наблюдаются НБЗ, высота берегов варьируется от 1 до 4 м. Интенсивность проявления абразии сильная > 0.3 м/г.

Эрозионная расчлененность выражена слабо:

- $I = \min 0; \max 1; \text{ в ср. } 0,9$ (низкая);
- $a = \min 0,09 \text{ (км)}; \max 4,19 \text{ (км)}; \text{ в ср. } 0,65 \text{ км}$ (низкая);
- $P = \min 0\%; \max 15\%; \text{ в ср. } 5,3\%$ (сред);

Антропогенная нагрузка не значительна с $\min 0; \max 2,8; \text{ в среднем } 0,55$. Антропогенное давление так же не значительно $\min 0 \max 0.04$ в ср. 0.006.

Главным фактором деградации береговой зоны можно назвать скорость абразии. Требуется проведение реконструкции берегозащитных сооружений из гальки возле х. Харсеев, которая разрушилась после шторма, прошедшего в мае 2018 г. Рекомендуется использование бутового камня, так как берега находятся в опасной зоне волновой активности.

Геоэкологическая оценка III кластера с низким проявлением ПА процессов.

Участки с 13 по 20 характеризуются низким проявлением ПА процессов и относятся к III кластеру. Общая протяженность участка составляет 660 км.

Тринадцатый участок

Располагается от южного входа в Терновской залив, до х. Антоновка. Протяженностью 48 км. 75% берега имеют низкую степень проявления ПА процессов. Остальные 25 % со средним проявлением.

Берега относятся к НБЗ. Высота берегов варьируется в заливах от 0,1 до 3 м. в среднем 1 м. Между Терновским и Калининским заливами высота берегов в среднем составляет 3,5 м. Интенсивность абразии слабая $<0,1$ м/г.

Эрозионная расчлененность выражена слабо:

- $I = \min 0; \max 10,5; \text{ в ср. } 2,8$ (низкая);
- $a = \min 0,09$ (км); $\max 3,07$ (км); в ср. 0,64 км. (низкая);
- $P = \min 0\%; \max 14,5\%; \text{ в ср. } 2\%$ (низкая).

Антропогенная нагрузка слабая с $\min 0 \max 3,1$ в среднем 0,45.

Средние показатели антропогенного давления наблюдаются возле х. Терновской и х. Карноуховский.

Факторы деградации ВЗ на заданном участке не значительны.

В ходе анализа снимков БЛА были зафиксированы распашки в ПЗП, которые требуют урегулирования. Так же был замечен выпас скота.

Четырнадцатый участок

Располагается в Новоцимлянском заливе. Протяженностью 31,5 км. 74,5% берега с низким проявлением ПА процессов. Остальные 25,5% имеют средний показатель (в основном возле х. Богатырев и с. Новоцимлянская).

Берега на участке относятся к НБЗ. Высота берегов варьируется от 0,1 до 3 м. в среднем 0,5 м. Интенсивность абразии слабая $<0,1$ м/г.

Эрозионная расчлененность выражена слабо:

- $I = \min 0; \max 8,8; \text{ в ср. } 2,7$ (низкая);
- $a = \min 0,1$ (км); $\max 2,56$ (км); в ср. 0,8 км. (низкая);
- $P = \min 0\%; \max 14,3\%; \text{ в ср. } 4,4\%$ (средняя).

Антропогенная нагрузка не значительна в среднем 0.1 балл.

Средние показатели антропогенного давления наблюдаются возле х. Богатырев и с. Новоцимлянская.

Факторы деградации ВЗ на заданном участке не значительны. Но в ПЗП были зафиксированы распахки, которые требуют урегулирования.

Пятнадцатый участок

Располагается от 5 км на Ю от х. Нижнегнутов до х. Захаров. (включая Заказник Цимлянский) Протяженность 247 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляют 98,7%. Остальную не значительную часть занимают берега со средним проявлением ПА процессов.

Берега относятся к абразионно-аккумулятивно бутовому типу. Высота берегов варьируется от 0,1 до 1 м. в среднем 0,3 м. Интенсивность абразии слабая <0,1 м/г.

Проявление эрозионной расчлененности не значительно:

- $I = \min 0; \max 9; \text{ в ср. } 1,2$ (низкая);
- $a = \min 0,1 \text{ (км); } \max 1,83 \text{ (км); в ср. } 0,68 \text{ км}$ (низкая). На 40% участка овраги отсутствуют;
- $P = \min 0\%; \max 17\%; \text{ в ср. } 1,8\%$ (низкая).

Антропогенная нагрузка крайне незначительна и в среднем составляет 0.01.

Влияние антропогенного давление не наблюдается.

Факторы деградации ВЗ на заданном участке не значительны и не требуют применение каких-либо мер.

Шестнадцатый участок

Располагается от 5 км на ЮЗ от х. Островской до х. Верхнечирский. Протяженность участка 83 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляет 97,5%, остальные 2,5 % средним.

Берега относятся к НБЗ. Высота берегов варьируется от 0,1 до 2 м. в среднем 0,8 м. Интенсивность абразии слабая <0,1 м/г

Проявление эрозионной расчлененности выражено слабо:

- $I = \min 0; \max 6,2; \text{ в ср. } 0,9$ (низкая);
- $a = \min 0,1 \text{ (км); } \max 3,03 \text{ (км); в ср. } 0,9 \text{ км}$. (низкая). На 50% участка овраги отсутствуют;
- $P = \min 0\%; \max 12\%; \text{ в ср. } 0,4\%$ (низкая).

Проявление антропогенной нагрузки крайне незначительно с $\min 0 \max 3$ ср. 0,22.

Факторы деградации ВЗ на заданном участке не значительны. Но в ходе обследования были зафиксированы летние лагеря для содержания скота в ВЗ, что является грубым нарушением и требует контроля.

Семнадцатый участок

Располагается от х. Рюмино-Красноярский до г. Калач-на-Дону. Протяженность участка 23 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляет 95,5%, остальные 4,5 % среднее.

Берега характеризуются НБЗ, высота берегов варьируется от 0,1 до 3 м. в среднем 0,6 м. Интенсивность абразии слабая <0,1 м/г.

Эрозионная расчлененность выражена слабо:

- $I = \min 0; \max 6,1; \text{ в ср. } 1,3$ (низкая);
- $a = \min 0,16 \text{ (км)}; \max 4,03 \text{ (км)}; \text{ в ср. } 1,17 \text{ км.}$ (низкая);
- $P = \min 0\%; \max 5,7\%; \text{ в ср. } 0,4\%$ (низкая).

Антропогенная нагрузка крайне незначительна, в среднем 0.19 баллов. Она характеризуется не большим количеством частных земельных участков, оборудованных под рыбный промысел.

Факторы деградации ВЗ на заданном участке не значительны.

Восемнадцатый участок

Располагается от г. Калач-на-Дону до х. Ильмень-Суворовский Протяженность его составляет 135 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляют 84%, 16 %. со средним проявлением.

НБЗ занимают 85% береговой линии, 10% занимают техногенные, и остальные 5% относятся к абразионно-обвальным и эрозионным берегам. Высота берегов варьируется от 0,1 до 10 м. в среднем 2,1 м. Интенсивность абразии слабая <0,1 м/г.

Эрозионная расчлененность выражена слабо:

- $I = \min 0; \max 10,2; \text{ в ср. } 2,4$ (низкая);
- $a = \min 0,09 \text{ (км)}; \max 7 \text{ (км)}; \text{ в ср. } 0,9 \text{ км.}$ (низкая). На 30 % участка овраги отсутствуют;
- $P = \min 0\%; \max 21\%; \text{ в ср. } 2\%$ (низкая).

Влияние антропогенного давления не значительно, в среднем 0.2 балла.

Среднее проявление антропогенного давления наблюдается возле х. Колпачки, Ляпичев, Донской, Логовский и Первомайский.

Факторы деградации ВЗ на заданном участке не значительны. Но в ходе обследования были зафиксированы распашки и выпас рогатого скота в ПЗП, что требует урегулирования.

Девятнадцатый участок

Располагается от х. Малокановский до х. Генераловский. Протяженность участка 67 км. Берега с низким проявлением ПА процессов составляет 88,4%. Остальной берег 11,6% со средними показателями. Высота берегов в заливе варьируется от 0,1 до 2 м. в среднем 1 м. На

остальном берегу высота составляет от 1 до 4 м. в ср 2,8 м. Интенсивность абразии слабая <0,1 м/г.

Проявление эрозионных процессов выражено слабо:

- $I = \min 0; \max 10; \text{ в ср. } 2,5$ (низкая);
- $a = \min 0,09$ (км); $\max 1,6$ (км); в ср. 0,6 км. (низкая). На 30 % участка овраги отсутствуют;
- $P = \min 0\%; \max 18,5\%; \text{ в ср. } 2,7\%$ (низкая).

Антропогенная нагрузка крайне незначительна в среднем 0.1 балла.

Факторы деградации ВЗ на заданном участке не значительны. В ходе обследования в ПЗП были зафиксированы распашки, которые требуют урегулирования.

Двадцатый участок

Располагается от п. Чиганаки до х. Красноярский. Протяженность участка 25,7 км. Берега, характеризующиеся низким проявлением ПА процессов, составляют 85%. Остальной берег 15% имеет высокие показатели проявления, приуроченный к х. Красноярский.

Берега относятся к НБЗ, Высота берегов варьируется от 0,1 до 3 м. в среднем 1,5 м. Интенсивность абразии слабая <0,1 м/г.

Эрозионная расчлененность выражена слабо:

- $I = \min 0; \max 5,8; \text{ в ср. } 1,2$ (низкая);
- $a = \min 0,17$ (км); $\max 1,3$ (км); в ср. 0,7 км. (низкая). На 50 % участка овраги отсутствуют;
- $P = \min 0\%; \max 8,5\%; \text{ в ср. } 1\%$ (низкая).

Антропогенная нагрузка не значительна, с $\min 0, \max 3,3$, в среднем 0,3.

Средняя степень антропогенного давления наблюдается возле х. Красноярский.

Факторы деградации ВЗ на заданном участке не значительны. За исключением х. Красноярский, где наблюдается высокая степень антропогенной нагрузки, и средняя степень антропогенного давления и эрозионной расчлененности. Берега возле х. Красноярский требуют берегозащитных и берегоукрепительных работ, использование бутового камня и высадка растений. Также был зафиксирован неоднократный выпас рогатого скота и распашки в ПЗП, что также требует регулирования.

6.4 Геоэкологическая оценка ВЗ по административным районам Ростовской и Волгоградской областей.

Помимо представленной выше геоэкологической оценки по кластерам, была составлена общая таблица с диаграммами долей воздействия ПА факторов на водоохранную зону по районам. (таблица 6.2.).

Таким образом, мы видим, что наиболее сильно ПА процессам подвержен Дубовский район, 70 % территории которого подвержено сильному воздействию опасных природно-антропогенных процессов, а остальные 30% - среднему. Следующий по активности ПА процессов можно отнести Котельниковский район, где 16% территории подвержены высокому воздействию опасных ПА процессов и 41% среднему.

Цимлянский, Калачевский и Суравикинский районы, следуя из таблицы подвержены примерно одинаковому воздействию ПА процессов, в тоже время достаточно высокому, что требует внимания.

Самое низкое проявление ПА процессов наблюдается в Чернышковском и Октябрьском районах.

Таблица 6.2. – Доли проявления опасных ПА процессов и их факторов в ВЗ исследованных районов.

Фактор \ Район	Антропогенное давление	Антропогенная нагрузка	Интенсивность абразии	Степень эрозионной расчлененности	Комплексная геоэкологическая оценка
Цимлянский район	<p>90% 7% 3%</p>	<p>69% 25% 6%</p>	<p>75% 20% 5%</p>	<p>52% 39% 9%</p>	<p>63% 30% 7%</p>
Чернышковский район	<p>100% 10%</p>	<p>81% 16% 3%</p>	<p>67% 33%</p>	<p>51% 45% 4%</p>	<p>70% 30%</p>
Калачевский район	<p>85% 10% 5%</p>	<p>73% 20% 7%</p>	<p>100% 10%</p>	<p>46% 32% 22%</p>	<p>61% 29% 10%</p>
Суравикинский Район	<p>97% 3%</p>	<p>83% 15% 2%</p>	<p>65% 35%</p>	<p>45% 33% 22%</p>	<p>53% 43% 4%</p>

Фактор \ Район	Антропогенное давление	Антропогенная нагрузка	Интенсивность абразии	Степень эрозийной расчлененности	Комплексная геоэкологическая оценка
Котельниковский район	<p>13 % 87 %</p>	<p>11 % 5 % 84 %</p>	<p>3 % 50 % 47 %</p>	<p>24 % 22 % 54 %</p>	<p>16 % 43 % 41 %</p>
Октябрьский район	<p>3 % 97 %</p>	<p>18 % 82 %</p>	<p>31 % 69 %</p>	<p>4 % 50 % 46 %</p>	<p>3 % 23 % 74 %</p>
Дубовский район	<p>10 % 90 %</p>	<p>13 % 22 % 65 %</p>	<p>100 %</p>	<p>19 % 48 % 33 %</p>	<p>30 % 70 %</p>
Общий для водохранилища	<p>6 % 3 % 91 %</p>	<p>5 % 20 % 75 %</p>	<p>11 % 21 % 68 %</p>	<p>20 % 37 % 43 %</p>	<p>13 % 32 % 55 %</p>

6.5 Применение матрицы Мак-Кинси для оценки соотношения природных и антропогенных факторов воздействия на ВЗ

Была составлена матрица Мак-Кинси (Тутыгин А.Г., Коробов В.Б 2005) представляющая собой координатную плоскость отношения антропогенных факторов к природным и доли их проявления от общей исследованной площади водоохранной зоны Цимлянского водохранилища (рис. 6.3). Так, мы видим, что наибольшую долю занимают «ячейки» с низким проявлением как антропогенных, так и природных процессов 60%. Следующие 23% занимают ячейки со средним проявлением природных, но низким проведением антропогенных процессов. «Ячейки» с высоким проявлением природных и низким проявлением антропогенных процессов занимают 5% исследованной территории. Ячейки со средним проявлением и природных, и антропогенных процессов занимают 4%. Не значительные 0,5% относятся к среднему проявлению антропогенных и высокому проявлению природных процессов. Остальные 0,4 % делят между собой ячейки с высоким проявление антропогенных и низким, средним проявлением природных процессов. Ячейки с высоким проявлением и природных и антропогенных процессов выявлены небыли.



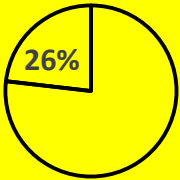


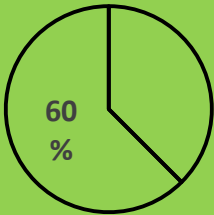


Природные процессы	высокий (6 баллов)	<p>Ячейки с высоким проявлением природных и низким проявлением антропогенных процессов.</p> 	<p>Ячейки с высоким проявлением природных и средним проявлением антропогенных процессов.</p> 	<p>Ячейки с высоким проявлением природных и высоким проявлением антропогенных процессов (не выявлены).</p>
	средний (4-5 баллов)	<p>Ячейки со средним проявлением природных и низким проявлением антропогенных процессов.</p> 	<p>Ячейки со средним проявлением природных процессов и средним проявлением антропогенных процессов.</p> 	<p>Ячейки со средним проявлением природных процессов и высоким проявлением антропогенных процессов.</p> 
	низкий (2-3 балла)	<p>Ячейки с низким проявлением природных и антропогенных процессов.</p> 	<p>Ячейки с низким проявлением природных процессов и средним проявлением антропогенных процессов.</p> 	<p>Ячейки с низким проявлением природных процессов и высоким проявлением антропогенных процессов.</p> 
		низкий (2-3 балла)	средний (4-5 баллов)	высокий (6 баллов)
Антропогенные процессы				

Рисунок 6.3. – Матрица Мак-Кински по бальным показателям антропогенных и природных процессов. Цветом выделено к какой степени опасных природно-антропогенных явлений чаще всего относились данные «ячейки».

Выводы

На основе комплекса данных полевых и камеральных исследований с применением БЛА, анализа большого количества картографических материалов, фондовых и литературных источников была проведена геоэкологическая оценка природно-антропогенных процессов в ВЗ Цимлянского водохранилища.

На основе анализа эрозионной расчлененности, интенсивности абразии, антропогенного давления и антропогенной нагрузки выполнены исследования по геоэкологической оценке Цимлянского водохранилища.

Большая часть водоохранной зоны подвержена низкими проявлениями природно-антропогенных процессов. Но те участки, к которым относятся: Дубовский район, участок от г. Цимлянск до Терновского залива и г. Калач-на-Дону требуют пристального внимания.

Представленные карты-схемы, полученные путем анализа высокоточных ортофотопланов, позволяют иметь наиболее точное представление о геоэкологическом состоянии водоохранной зоны Цимлянского водохранилища.

Получение высокоточных ортофотопланов, привязанных к местности, доказало возможность использования съемок с БЛА для мониторинга, выявления нарушений и геоэкологической оценки опасных природно-антропогенных процессов.

Заключение

Проведенная работа позволила достигнуть поставленной цели, заключающейся в решении проблемы геоэкологической оценки проявления опасных природно-антропогенных процессов в ВЗ Цимлянского водохранилища. Основные обобщения и выводы по результатам работы можно сформировать в следующем виде:

1) Район водохранилища расположен в зоне умеренно-континентального климата. Объект исследования характеризуется очень сложными и неравномерными условиями среды, находящих отличие в формах рельефа, ландшафтах и некоторых гидрологических показателях. Инженерно-геологическое районирование было выполнено в рамках Схемы Южгипроводхоза (1982 г.).

2) Отражены общие представления по использованию современных методов дистанционных обследований и ГИС-технологий для повышения эффективности мониторинга состояния ВЗ водных объектов и соблюдения режима их использования. Изучены возможности применения материалов, полученных с помощью БЛА и наземных обследований, обработанных при помощи ПО Agisoft Metashape 1.6 и ArcGIS 10.0.

3) На основе анализа банка данных типов берегов и полученных морфологических и морфометрических характеристик каждого типа было выявлено разнообразие типов и подтипов берегов, что в дальнейшем позволило выполнить ряд уточнений и дополнений для Схемы 1982 года. Изменения границ типов берегов коснулись 67 участков из 91 (более 60 % береговой линии). По данным материалов съемок с БЛА были исследованы морфометрические характеристики современных типов берегов Цимлянского водохранилища. Показано разнообразие параметров берегов, относящихся к одному типу. Доказана возможность использования съемок с БЛА для мониторинга берегового рельефа ВЗ.

4) В результате проведенной оценки абразионных процессов было установлено, что современный период характеризуется стабилизацией береговых процессов, исключение составляют приплотинные участки водохранилища, где активность проявления абразионных процессов сохраняется. Особенно сильные изменения наблюдались после прохождения шторма в мае 2018 г, которые также были зафиксированы при помощи БЛА. В плане оценки горизонтальной расчлененности ВЗ высокая степень наблюдается в Цимлянском районе возле х. Крутой, х. Хорошевский. В Суравикинском районе от с. Суворовская до с. Нижний Чир. В Калачевском районе на правом берегу, где были выделены эрозионные берега. Также явно выраженные высокие и средние коэффициенты выделяются на большей территории Дубовского района от с. Жуковская до х. Веселый в Калачевском районе, характерной особенностью является преобладание абразионно-обвальных и абразионно-оползневых процессов на выделенных берегах.

5) На основе анализа антропогенного воздействия на ВЗ Цимлянского водохранилища было установлено, что максимальный показатель антропогенного давления наблюдался в г. Калач-на-Дону и составлял 0.77 (К). Берега в пределах водоохранной зоны с высоким антропогенным давлением наблюдаются также в пределах г. Цимлянск и с. Нижний Чир. Характерной особенностью данных населенных пунктов является относительно высокая плотность населения и ее численность, на территории данных населенных пунктов имеются порты, предприятия и зоны отдыха. В плане оценки антропогенной нагрузки наибольшее воздействие приурочено к ВЗ в крупных городах и селах. В частности, на правом берегу к ВЗ в пределах населенных пунктов, подверженных сильному антропогенному воздействию, можно отнести г. Цимлянск и расположенный

рядом с ним х. Крутой, в пределах ВЗ которого было выявлено более 40 свалочных очагов. Также к поселкам, в пределах которых наблюдается наибольшая антропогенная нагрузка на ВЗ можно отнести: х. Саркел, с. Хрошевская, с. Калининская, с. Нижний Чир, х. Попов, с. Голубинская. Помимо свалок в пределах ВЗ хуторов встречаются рыболовецкие станы, кладбища, зоны рекреации и базы отдыха и т.д., что оказывает колоссальное влияние на степень антропогенной нагрузки в пределах ВЗ. На правом берегу в пределах г. Калач-на-Дону мы наблюдаем максимальное значение антропогенной нагрузки 19 баллов. В первую очередь это вызвано тем, что в пределах ВЗ находится большое количество предприятий, портов и земельных участков, также применение БЛА позволяет фиксировать нарушения в пределах ВЗ (выпас скота, распашки в пределах ПЗП). Высокая степень антропогенной нагрузки наблюдается также в х. Красноярский, х. Кривский, с. Жуковская и с. Овчинников.

б) Путем анализа эрозионной расчлененности, интенсивности абразии, антропогенного давления и антропогенной нагрузки выполнены исследования по геоэкологической оценке Цимлянского водохранилища и создание базы данных в виде электронных таблиц и ГИС-карт. Так, водоохранная зона, состоящая из 673 «ячеек», была ранжирована на участки с высокой, средней и низкой степенью проявления природно-антропогенных процессов, путем объединения этих ячеек по бальным показателям. На участке с низким проявлением природно-антропогенных процессов (4-5 баллов), средним (6-7), высоким (8-11). Ранжирование производилось при помощи метода «геометрических интервалов» с учетом экспертной оценки. Для удобства восприятия из представленных «ячеек» была составлена общая карта, состоящая из трех кластеров (включающие в себя 20 участков, которые состоят из объединенных «ячеек» с общими признаками), где в глобальном масштабе отражены степени проявления ПА процессов. На долю с высоким проявлением ПА процессов приходится 13 % исследованной ВЗ, средним – 32 %, низким – 55 %. Наибольший интерес представляет I кластер с высоким проявлением ПА процессов. Так, к нему можно отнести: 1) территорию в пределах почти всего Дубовского района от х. Овчинников до границы с Котельниковским районом общей протяженностью 77 км; 2) участок от г. Цимлянск до юного входа в Терновской залив протяженностью 27 км; 3) участок, расположенный в пределах г. Калач-на-Дону, протяженностью 17 км.

Список литературы

1. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда, М.: Наука, 1990.
2. Атлас Ростовской области. [Атлас] / Москва: ООО «Ди Эм Би». 2004. 32 с.
3. Беспалова Л.А., Кропянко Л.В. Оценка воздействия городов на приморские экосистемы юга России с использованием ГИС-технологий [Текст] // Материалы II конференции «Геоинформационные технологии и космический мониторинг» (9-11 сентября 2009 г.)/Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2009. С. 30-35.
4. Беспалова Л.В., Кропянко Л.В. Интегральная оценка антропогенной нагрузки на Азово-Черноморское побережье [Текст] / Материалы международной конференции «Экология. Экономика. Информатика» (8-13 сентября 2013 г.)/Т.2: Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии. Геоинформационные технологии и космический мониторинг. - Ростов-на-Дону: Из-во Южный федеральный университет, 2013. С. 113-118.
5. Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Глинка В.В. Создание банка данных типов берегов Цимлянского водохранилища на основе материалов мониторинга, выполненного с помощью беспилотных летательных аппаратов. // Водохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояния, управление / Сочи. 2019 с. 295
6. Брауде И.Д. Закрепление и освоение оврагов, балок и крутых склонов. - М., 1959
7. Величко А.А. О некоторых морфометрических различиях между оврагом, балкой и речной долиной // Вопросы географии. 1959. № 46. С. 199–202.
8. Востряков А. В., Зайонц В.Н., Наумов А.Д. и др. Геоморфологическое картирование равнин. // Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1974. 162 с.
9. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ [Последняя действующая редакция с изменениями и дополнениями от 01.04.2022].
10. Геология СССР. Том XLVI. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание. М.: Недра, 1970. – 667 с.
11. Гидрогеология СССР. Том XXVIII. Нижний Дон и Северо-Восточное Приазовье [Текст] / М.: Недра, 1970.
12. Гидрометеорологический режим озёр и водохранилищ СССР. Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 204 с.
13. Глинка В.В., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В. Исследование типов берегов Цимлянского водохранилища с использованием БЛА // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условия глобальных климатических и промышленных вывозов / Ростов-на-Дону. 2019 с. 157.

14. Глинка В.В., Беспалова Л.А. Изучение типов берегов водохранилищ с использованием беспилотных летательных аппаратов. // Системный подход к рациональному природопользованию регионов России / г. Туапсе. 2019. с. 46
15. Глинка В.В., Беспалова Л.А. Геоэкологическая оценка водоохранной зоны Цимлянского водохранилища // Наука Юга России / Т.18; № 1. 2022. с 46-54 DOI: 10.7868/S25000640220106
16. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. М.: Стандартинформ, 2008. 22 с. (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу.)
17. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. М.: Стандартинформ, 2011. 28 с.
18. Дитц Л.Ю., Катункина Е.В. Использование данных дистанционного зондирования при исследовании почвенно-эрозионных процессов // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XXXIII междунар. науч.-практ. конф. № 8(32). – Новосибирск: СибАК, 2015.
19. Дмитриев, В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость развитие природных систем. СПб.: Наука, 2004. С. 34-35.
20. Закруткин В.Е., Рышков М.М., Кизицкий М.И. и др. Экологический атлас Ростовской области: структура, содержание и методика оценки ситуации // Изв. РАН. Сер.геогр. - 1999. - № 1. - С. 88-95.
21. Закруткин В.Е. Шишкина Д.Ю. Принципы и критерии комплексного экологического районирования сельскохозяйственных территорий. // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. №3, 1993. С. 18-34.
22. Закруткин В.Е., Шишкина Д.Ю., Рышков М.М., Пугачев В.И. Региональные предпосылки возникновения зон экологической напряженности (на примере республики Калмыкия) // Известия РАН. Серия географическая. №13, 1994. С. 67-
23. Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Сердюк Л.В. Оценка густоты эрозионной сети водоохранной зоны Цимлянского водохранилища с использованием современных информационных технологий и беспилотных летательных аппаратов в целях совершенствования методов государственного мониторинга // Водоохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, г.Сочи, 23-29 сентября 2019 г. - Новочеркасск: Лик, 2018. С. 288-294.
24. Ивлиева О.В. [и др.]. Мониторинг опасных экзогенных геологических процессов водоохранной зоны Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных

аппаратов. // Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, г.Сочи, 08-14 октября 2018 г. - В 2-х томах. Том I. - Новочеркасск: Лик, 2018. С. 313-317.

25. Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Глинка В.В., Сердюк Л.В., Чмыхов А.А. Использование беспилотных летательных аппаратов для оценки интенсивности проявления опасных береговых процессов водоохраной зоны Цимлянского водохранилища. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион / Т2. 2021. с. 56-65.

26. Касимов Н.С., Перельман А.И. Геохимия ландшафта. Издательство Московского государственного университета, Москва, 1999 г.

27. Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Колесников С.И. Атлас почв юга России [Атлас] - Ростов-на-Дону: Эверест, 2010. - 127 с.

28. Кесь А.С. Основные стадии развития современного овражно-эрозионного рельефа // Проблемы физической географии. Т.15. Изд-во АН СССР. 1950.

29. Кияшко В.Я. Историко-археологические исследования в Азове и на Нижнем Дону в 1993 г. [Текст] / Азовский краеведческий музей Вып. 13. // Азов: Издательство Азовского краеведческого музея, 1994. 208 с.

30. Косолапов А.Е., Дубинина В.Г., Жукова С.В. Проблема восстановления биологических ресурсов поймы Нижнего Дона [Текст] // Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года»: сборник научных трудов. Т.1. - Петрозаводск: РИО КарНЦ РАН, 2015. -С. 277-287.

31. Косолапов А.Е. [и др.]. Исследование морфологических и морфометрических особенностей берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий // Аридные экосистемы. №3 (24). 2018. С.36-42.

32. Косолапов А.Е. [и др.]. Мониторинг опасных экзогенных процессов водоохранной зоны Цимлянского водохранилища // Международный симпозиум "Инженерные науки и науки о Земле: прикладные и фундаментальные исследования" (г. Грозный). - Advances in Engineering Research, volume 177, с. 32-34

33. Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Дандара Н.Т., Сердюк Л.В. 2017. Районирование берегов Цимлянского водохранилища по степени проявления опасных экзогенных геологических процессов // Естественные и технические науки. № 10 (112). 2017. С. 59-68.

34. Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Глинка В.В., Ивлиева О.В., Сапрыгин В.В. Оценка горизонтальной и вертикальной эрозионной расчлененности водоохранной зоны Цимлянского водохранилища (на примере Дубовского района) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Т1. 2021. с. 81-88.

35. Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Филатов А.А. Исследование морфологических и морфометрических особенностей берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий // Аридные экосистемы. №3 (24), 2018. С. 36-42.
36. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. №6.
37. Коробов В.Б. Экспертные методы в географии и геоэкологии: монография/ В.Б. Коробов.-Архангельск: Поморский университет, 2008. – 236 с.
38. Коробов В.Б., О методологии построения шкал для классификации природных объектов на основе балльных оценок // Проблемы региональной экологии. 2002. №4. С. 99-108.
39. Коробов В.Б. Организация проведения экспертных опросов при разработке при разработке классификационных моделей // Социологические исследования. 2003. №11. С. 102-108.
40. Коробов В.Б. Построение вербально-числовых шкал методом нечетких множеств для оценки состояния природных объектов // Проблемы региональной экологии. 2005. №5. С. 18-23.
41. Коробов В.Б., Васильев Л.Ю. Климатическое районирование территории экспертно-статистическими методами. Постановка задачи // Метеорология и гидрология. 2004. №6. С. 38-48.
42. Коробов В.Б., Кочуров Б.И. Балльные классификации в геоэкологии: преимущества и недостатки // Проблемы региональной экологии. 2007. №1. С. 66-70.
43. Коробов В.Б, Тутыгин А.Г. Классификационные методы решения эколого-экономических задач: монография / Поморский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск. – Поморский университет, 2010. - 309 с.
44. Коробов В.Б, Тутыгин А.Г. Шкалирование показателей при создании экспертных систем в области окружающей среды // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуаций, пути развития, решения: материалы международной конференции. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2002. Т. 1. С. 611-616.
45. Коробов В.Б, Тутыгин А.Г., Смиреникова Е.В., Клепиковская Е.В. Влияние изменения цели исследований на оценку факторов экспертами // Вестник Поморского университета. Сер. «Естественные науки». 2010. №1. С. 10-14.
46. Коробов В.Б, Тутыгин А.Г., Клепиковская Е.В. Исследование минимального числа экспертов для получения устойчивых оценок влияющих факторов в задачах природопользования // Проблемы региональной экологии. 2010. №4. С. 51-55.

- 47.** Кропянко Л. В. Геоэкологическая оценка и районирование Азово- Черноморского побережья России [Текст] / дисс. канд. геогр. наук: 25.00.36: защищена 23.06.2014 / Кропянко Лариса Владимировна. Ростов-на-Дону, 2014 – 217с.
- 48.** Кропянко Л.В. Оценка антропогенной деятельности на уникальных морских береговых ландшафтах Азово-Черноморского побережья // Материалы IX ежегодной научной конференции студентов и аспирантов базовых кафедр Южного научного центра РАН (11-24 апреля 2013 г.). - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. С. 54-55.
- 49.** Кропянко Л.В. Совместимость деятельности приморских городов юга России // Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции «Стратегия устойчивого развития регионов России» (10 ноября 2012 г.). - Новосибирск: Из-во НГТУ, 2012. С. 136-141.
- 50.** Кропянко Л.В. Применение Гис-технологий для оценки демографической нагрузки на береговую зону южных морей // Сборник материалов I Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты» (25 октября 2012 г.). - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. С. 35-38.
- 51.** Кропянко Л.В., Беспалова Л.А. Оценка воздействия городов на приморские экосистемы юга России с использованием ГИС-технологий // Естественные и технические науки, №6, 2010 г. - М: Изд-во «Спутник+», 2010. С.384-389.
- 52.** Кропянко Л.В., Сапрыгин В. Применение современных информационных технологий для изучения видов хозяйственной деятельности и антропогенного давления на акватории южных морей // Материалы научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей в рамках V Большого Географического Фестиваля «Актуальные проблемы географии новой России» (4 апреля 2008 г.). - СПб: Факультет географии и геоэкологии СПбГУ, 2008. С.260-266.
- 53.** Кушкин А.В. Обзор свободного программного обеспечения для обработки результатов маловысотной аэрофотосъемки с БПЛА // В сборнике: Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения. 2015. С. 38-39.
- 54.** Лопухин С.А. Заносимость входов в бухты-убежища Цимлянского водохранилища. Сборник работ Цимлянской ГМОю, 1966, вып.3. -106 с.
- 55.** Лурье П.М., Панов В.Д. и др. Климат Ростовской области, вчера, сегодня, завтра [Текст] / Ростов на Дону, 2006. – 487 с.
- 56.** Максимович Н. Г., Пьянков С. В. Малые водохранилища: экология и безопасность: монография [Текст] / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 256 с.
- 57.** Миронова Е.А. Овражность территории СССР // Геоморфология №3, 1971. С. 25-35.

- 58.** Молодкин П.Ф. Антропогенное рельефообразование степных равнин - Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та. 1992. - 144 с.
- 59.** Назаренко О.Г., Новикова Н.М., Рыльчиков А.Ю. Сравнительная характеристика морфологических свойств почв подтопленных территорий Цимлянского водохранилища // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2008. № 12 С. 34-40.
- 60.** Новикова Н.М., Волкова Н.А., Назаренко О.Г. Функционирование экотонных систем побережья Цимлянского водохранилища [Текст] / Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 4 (61). С. 24-35.
- 61.** Новикова Н.М., Назаренко О.Г. Природные комплексы побережий искусственных водоемов на юге европейской части России [Текст] / Аридные экосистемы. - М.: Агронаучсервис, 2014. 152 с.
- 62.** Никифоров А.А. Обработка материалов аэрофотосъёмки, полученных с помощью беспилотного летательного аппарата. // Информационные системы и технологии: теория и практика: сборник научных трудов, № 9. СПб.: СПбГЛТУ, 2017.
- 63.** Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах города Волгодонска Ростовской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 36с.
- 64.** Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Городищенского района Волгоградской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 23с.
- 65.** Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Дубовского района Ростовской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 27с.
- 66.** Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Иловлинского района Волгоградской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 16с.
- 67.** Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Калачевского района Волгоградской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 42с.
- 68.** Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Котельниковского района Волгоградской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 26с.
- 69.** Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Октябрьского района Волгоградской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 11с.

70. Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Суровикинского района Волгоградской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 24 с.

71. Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Цимлянского района Ростовской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 37с.

72. Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Чернышковского района Волгоградской области в 2018 году/ ФГБУ УВРЦВ. – Цимлянск, 2018. – 14с.

73. Отчёт о натуральных обследованиях Цимлянского водохранилища и его береговой зоны, выполненных в 2012-2013г. по водным, автомобильным и пешеходным маршрутам / СевКавНИИВХ. - 2013.

74. Отчёт по результатам обследования водоохранной зоны Цимлянского водохранилища в границах Цимлянского района Ростовской области / ФГБУ «УВРЦВ». – Цимлянск, 2013. – 28с.

75. Панов В.Д, Лурье П.М., Ларионов Ю.А. Климат Ростовской области. - Ростов-на-Дону, 2006. – 487 с.

76. Потапов И.И., Погребнов Н.И. О тектоническом районировании территории Дона и Нижней Волги. Геология и полезные ископаемые бассейна Дона и Нижнего Поволжья. Изд-во Ростовского ун-та, 1962.

77. Постановление Правительства РФ от 10.01.2009 № 17 «Об утверждении Правил установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов».

78. Петров К.М. Геоэкология: основы природопользования. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1994. – 216 с.

79. Петров К.М. Общая экология: взаимодействие общества и природы. – СПб: «Химия». Три издания, 2000. – 352 с.

80. Петров К.М. Геоэкология. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004.– 274 с.

81. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 7. Донской район / под ред. Д. Д. Мордухай-Болтовского. — Л.: Гидрометеиздат, 1964. — 267 с.

82. Ресурсы поверхностных вод СССР. - Л.: Гидрометиздательство, 1970. – 316 с.

83. Рожков А.Г., Мясоедов С.С. Основные методы изучения овражной эрозии // Современные аспекты изучения эрозионных процессов. - Новосибирск. 1980.

84. Руководство пользователя AgisoftPhotoScan: ProfessionalEdition, версия 1.2 дата публикации 2016, Авторские права © 2016 Agisoft LLC– Режим доступа: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_ru.pdf.

85. Рыльщикова А.Ю. Оценка степени трансформации природных ландшафтов прибрежной зоны водохранилищ юга России: Автореф. дисс... на соискание ученой степени канд. геогр. наук: 25.00.36. - Ростов-н/Д, 2009. 24 с.

86. Рыльщикова А.Ю., Богачев А.Н. Оценка влияния Цимлянского водохранилища на наземные экосистемы // Материалы молодежной научной конференции 24-25 ноября 2004 «Актуальные проблемы экологии сельскохозяйственного производства».п. Персиановский. 2004.С. 88.

87. Сатдаров А.З. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы в законодательных системах России и мира [Текст] / Вестник Удмуртского университета // Серия «Биология. Науки о Земле», 2015. №4.

88. Саев, Ю. Е., Ревич, Б. А., Янин, Е. П. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра. 1990.

89. Сорокина В.В., Магаева А.А. Районирование побережья Таганрогского залива по степени опасности экзогенных геодинамических процессов // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Выпуск 3. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. – 49-56 с. ISSN 2500–123X

90. Сиваков Д.О. Водное право: учебно-практическое пособие [Текст] / М.: Юстицинформ, 2007. - 262 с.

91. Скрипка Г.И., Сапрыгин В.В., Филатов А.А. Оценка потерь земли по результатам мониторинга водоохранных зон Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов// Водоохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, г.Сочи, 23-29 сентября 2019 г. - Новочеркасск: Лик, 2018. С. 282-287.

92. Скрипка Г.И., Глинка В.В., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В. Уточнение Схемы типов берегов Цимлянского водохранилища на основе съемок с беспилотных летательных аппаратов. // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферный опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов" ("Опасные явления - II") памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. / Ростов-на-Дону. 2020. с. 298-305.

93. Скрипка Г.И., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Филатов А.А., Сапрыгин В.В. // Мониторинг опасных береговых процессов Цимлянского водохранилища с использованием ГИС-технологий ИнтерКарто. / ИнтерГИС. 2020. Т. 26. № 2. С. 253-263.

- 94.** Скрипка Г.И., Сердюк Л.В., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А. Исследование овражно-балочной сети береговой зоны Цимлянского водохранилища с использованием картометрических методов и данных дистанционного зондирования // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов ("Опасные явления - II"). Материалы II Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова. 2020. С. 194-196.
- 95.** Схема улучшения технического состояния и благоустройства Цимлянского водохранилища и его прибрежной полосы. / Южгипроводхоз. - Ростов-на-Дону, 1982.
- 96.** Тимофеев Д.А. Геоморфологические и палеогеоморфологические аспекты проблемы эрозии почв // Геоморфология, 1988, №2.
- 97.** Тутыгин А.Г., Коробов В.Б. Оптимизация управления окружающей средой при помощи матрицы Мак-Кинси // Экономика и управление. 2005. №1. С. 81-85.
- 98.** Методы классификации данных ArcGIS: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>
- 99.** Федоров Ю.А., Савицкая В.А. Геоэкологические особенности устойчивого развития Ростовской области. Ростов-н/Д.: ООО "Терра", 2005. 200 с.
- 100.** Хованский А.Д. Геохимия аквальных ландшафтов. Ростов н/Д., 1993. 240 с.
- 101.** Хованский А.Д., Орлинский А.С., Шустов Н.А. Комплексная оценка экологической ситуации в городе-курорте Большой Сочи //Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2008. № 3. – С. 88-93.
- 102.** Экологический атлас Азовского моря // Глав. Ред. академик РАН Г.Г. Матишов; Отв. ред. Н.И. Голубева, В.В. Сорокина – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – 328 с.