

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина
Российской академии наук

На правах рукописи

Кутузов Алексей Валерьевич

«Геоэкологическая оценка динамики водно-прибрежных экосистем крупных
равнинных водохранилищ методами ДЗЗ»

Специальность 1.6.21 – Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук,
С. А. Поддубный

Борок
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1	10
1.Переходная зона побережий «вода-суша» как часть водных и наземных экосистем. Обзор литературы.....	10
1.1. Понятие об экотоне	10
1.2. Виды переходных ландшафтов побережья	21
1.3. Особенности распределения блоков экотона «вода-суша» в водоёмах разного типа....	24
1.4. Закономерности формирования водно-наземного переходного ландшафта побережья	26
Глава 2	34
2..... Методические основы выделения системы переходных ландшафтов «вода-суша» для внутренних водоёмов. Материалы и методы	34
2.1. Контактные методы (картографические, ландшафтные полевые исследования)	38
2.2. Дистанционные методы (аэрофотосъёмка и космические снимки).....	48
2.3. ГИС технологии	53
2.4. Ошибки методов выделения переходных зон ландшафта.....	62
2.5. Точность оценки площадей, определения контуров, обработки ДЗЗ	62
Глава 3	70
3.Динамика и пространственная структура водно-наземной системы переходных ландшафтов для водохранилищ.....	70
3.1. Уровенный режим водохранилищ и характеристика зон взаимодействия вода-суша... 70	
3.1.1. Уровенный режим Цимлянского и Рыбинского водохранилищ по данным многолетних наблюдений	76
3.2. Зонирование побережья	88
3.2.1. Картирование пространственное распределения участков переходных ландшафтовна побережье на основе дистанционных данных.....	94
3.3. Определение блоков ЛВС на основе гидрологических показателей (наземная и водная структура переходных ландшафтов)	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
БЛАГОДАРНОСТИ	123
СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.....	124
ЛИТЕРАТУРА.....	125
СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	147
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	148

«Гигантские водохранилища, как любое слишком резкое вмешательство в сложившуюся природную систему, несут с собой больше непредсказуемых изменений в природе и жизни населения, чем все предсказуемые их преимущества»

Авакян А.Б.

ВВЕДЕНИЕ

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в настоящее время одна из наиболее актуальных проблем науки и хозяйственной практики человечества. Всё большее внимание в последние 20-30 лет уделяют задачам сохранения и управляемой трансформации среды обитания в общей проблеме поддержания гомеостаза биосферы [Шилов, 1998; Авакян, Широков, 1990].

Реки водосборных бассейнов Волги и Дона зарегулированы множеством плотин. Здесь проживает более 50% населения России. Крупнейшим направлением в получении возобновляемых ресурсов, таких как: питьевое и сельскохозяйственное водоснабжение, энергетика, транспортное судоходство, рыболовство и другие – является создание водохранилищ и строительство соответствующих гидротехнических сооружений. Активное хозяйственное освоение природы во 2-й половине XX века сопровождалось возникновением ряда крупных экологических кризисов, большинство из которых связано с непродуманным использованием таких ресурсов природной среды, как пресная вода и потенциальная энергия рек, широко используемая для производства электроэнергии. Затопление значительных территорий (особенно для равнинных водохранилищ), приводящее к изъятию из землепользования значительных площадей наиболее плодородной части суши (в сельскохозяйственном аспекте проблемы), вытеснению сухопутных животных из прежних мест обитания и перестройке растительных сообществ – это лишь малая часть возникающих перестроек в экосистеме и социальной инфраструктуре [Авакян, Салтанкин, Шарапов, 1987].

Одним из актуальных и одновременно наименее разработанных вопросов о воздействии водохранилищ на окружающую среду, является определение зоны влияния гидросооружения на животный и растительный мир побережий и затопленных речных долин, примыкающих к основной акватории водохранилища. Определение границ влияния и особенности затопления территорий под воздействием природно-техногенного объекта (водохранилища), созданного и действующего в интересах многих водопользователей.

В зоне взаимодействия водохранилища с наземными экосистемами формируются пограничные (переходные) ландшафты экотонные территории, которые функционируют в условиях повышенной динамичности факторов среды. Для экотонных территорий характерна повышенная биопродуктивность, экотоны играют роль буфера, их мембранная функция обеспечивает регулирование процессов обмена веществом и энергией между граничными экосистемами воды и суши, фильтрацию потоков веществ. По этой причине, экотоны оказываются наиболее отзывчивыми на любое вмешательство в сложившуюся экосистему и вместе с тем наиболее «ранимыми» территориями, что необходимо учитывать при организации управления и развития прибрежных территорий. Создание крупного водохранилища является серьезнейшим антропогенным фактором, дестабилизирующим сформировавшуюся за геологическую эпоху структуру поймы реки с незарегулированным стоком [Залетаев, 1997].

Воздействие водохранилищ на природную среду прилегающих территорий изучается с научной и практической точки зрения уже более 70 лет, Так Дарвинский заповедник на Рыбинском водохранилище специально создавался (в 1945 г.) для изучения влияния этого водоёма на его побережье [Калецкая, Немцова, Скокова, 1988]. Для большинства научно-теоретических работ, посвящённых влиянию водохранилищ на прилегающие территории, характерна генерализованная, обобщенная оценка воздействия на окружающую среду [Буторин, 1974; Авакян, Салтанкин, Шарапов, 1987; Бамбуров, 1991; Богуш, Калинин, Третьяк, 2000; Тихомиров, 2011] или, для научно-технических проектов – детализация на уровне крупных районов побережья [Богучанское, 2015; Чебоксарская ГЭС..., 2013]. Надо отметить, что соответствующий картографический материал по типологии побережья и уровень его детализации остаётся неизвестен. Основной интерес научно-технической оценки воздействия водохранилища на побережье, сводится в основном к вопросам инфраструктуры и строительства, в этом аспекте рассматриваются: характеристика геологических и гидрогеологических процессов, подтопление, переработка берегов и, соответственно: укрепление берегов – инженерная защита (плиты, валуны или габионы с каменным наполнителем). В целом, измерения физических параметров (температура, влажность, уровни воды и т.д.) как правило, носят традиционный точечный характер с усредняющей экстраполяцией на всю мозаично организованную территорию, что не даёт возможности оценить произвольный участок территории.

Подробная типологизация участков всей мозаики территорий побережья, позволяет использовать данные точечных измерений физических параметров и экстраполировать их на однотипные участки территории; а также может быть основой для рекомендаций по выбору мест проведения таких измерений. В данной работе используются «площадные измерения» на основе спутниковых данных достаточного уровня детализации и соответствующая цифровая

модель рельефа (ЦМР). Это позволяет, в отличие от стандартных точечных замеров, использовать для оценки произвольно выбранных участков: данные гидрологических и гидрогеологических постов; интерполяции точечных данных о высотах, как основы для проведения изолиний (изогипсы). Научные исследования, где проводится относительно подробная типологизация побережья – редки, а основания для определения типов участков достаточно произвольны [Филькин Состояние ..., 2011; Вахитов Переформирование ..., 2005; Michelle et al., 2011]

Научно-техническая задача

В работе формулируется и решается важная научная задача, имеющая существенное значение для рационального использования водных и земельных ресурсов страны: разработка научных основ оценки состояния, изменений и управления современными околородными ландшафтами – «вода-суша» на основе применения современных данных дистанционного зондирования Земли.

Объект исследования

Объектом исследования является побережье и прибрежная акватория крупных равнинных водохранилищ и соответствующие данные дистанционного зондирования Земли

Предмет исследования

Предметом исследования являются геоэкологические характеристики границ переходных ландшафтов «вода-суша» и способы обработки данных о пространственном положении зоны взаимодействия экосистем побережья и акватории.

Цель и задачи исследования

Цель – выявить закономерности формирования структуры и динамики ландшафтов переходной зоны «вода-суша» для побережий крупных равнинных водохранилищ, в зависимости от уровня режима водохранилищ и от гидрогеологии побережья, на основе данных дистанционного зондирования Земли и полевых исследований.

Исходя из поставленной цели, сформулированы следующие **задачи**.

1. Определить направленность многолетних трендов водности Рыбинского (лесная природная зона) и Цимлянского (степная природная зона) водохранилищ.
2. Установить основные показатели уровня режима определяющие ландшафт побережья и границы блоков переходных ландшафтов «вода-суша».
3. Определить минимальный временной интервал наблюдений для характеристики влияния на биоконпоненты ландшафта.
4. Установить масштабы влияния уровня режима на формирование центральных и сухопутных блоков переходных ландшафтов.

5. Предложить и применить на практике критерии выделения границ блоков в переходных ландшафтах побережий, на основе комплексного экологического подхода.
6. Разработать алгоритм обработки данных ДЗЗ для картирования ландшафтов исследуемых водохранилищ.

Научная новизна исследований

1. Впервые получены картосхемы, где определена площадь и географические границы современной системы переходных ландшафтов центрального блока «вода-суша» Рыбинского и Цимлянского водохранилища. Эта часть ландшафтов расположена в зоне временного затопления и находится ниже НПУ водохранилища. Сухопутные блоки системы переходных ландшафтов расположены выше НПУ и занимают более 50% от площади водоёма.
2. Впервые обоснованы и применены критерии для выделения блоков переходных ландшафтов «вода-суша» для зоны побережий крупных равнинных водохранилищ на основе данных по ландшафту и его биокомпоненте. Сформулированы признаки блоков переходных ландшафтов «вода-суша» и определены показатели ведущих факторов функционирования и воздействия крупных водохранилищ на прибрежные ландшафты: показатели уровня режима водохранилища и ряд гидрологических характеристик побережья.
3. Усовершенствованы известные полевые (контактные) и разработаны новые дистанционные методы выявления границ для поясов влияния крупных равнинных водохранилищ на систему переходных ландшафтов побережья. Это методы, основанные на данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и данных комплексного анализа экологических условий прибрежных ландшафтов: биотических и абиотических факторов.
4. Созданы цифровые карты в географической информационной системе (ГИС) для переходных ландшафтов акватории и побережий, определены пространственные границы основных блоков переходных ландшафтов «вода-суша».

Теоретическая значимость работы

Сформулированы признаки блоков переходных ландшафтов «вода-суша», обоснованы и применены критерии их выделения для зоны побережий крупных равнинных водохранилищ. Раскрыты ведущие факторы воздействия водохранилищ: показатели уровня режима водохранилища и ряд гидрологических характеристик побережья.

Изложена новая экспериментальная методика обработки данных ДЗЗ в сочетании с материалами полевых изысканий, позволившая выявить качественно новые закономерности формирования границ блоков переходных ландшафтов «вода-суша».

Разработан комплекс экспериментальных методик и выявлены факторы гидрологического взаимодействия «вода-суша», которые являются основой при создании информационной модели функционирования зоны контакта для двух экосистем под влиянием водного фактора.

Изучен комплекс взаимно согласованных экологических, географических данных и материалов ДЗЗ по исследованным водохранилищам, с географической привязкой – это основа создания ГИС переходных ландшафтов «вода-суша», объединяющей и анализирующей весь массив полученных новых данных.

Практическая значимость работы

Разработана методика отбора данных и виды данных, которые позволяют осуществлять крупномасштабное картографирование переходной зоны «вода-суша», с выделением переходных ландшафтов, а также вести мониторинг морфометрических параметров прибрежных ландшафтов, на основе регулярно обновляемых материалов ДЗЗ, в масштабах всего водохранилища.

Разработаны новые методики для принятия научно обоснованных решений по рациональному использованию природных ресурсов водохранилища, примыкающей гидрографической сети и прибрежных ландшафтов.

Создан геоинформационный проект – ГИС проект «Акватерра» для побережья водохранилищ, на основе полученных пространственных полевых данных и материалов ДЗЗ. Разработанный, в рамках проведённых исследований, ГИС проект «Акватерра» даёт принципиальную возможность оперативного внесения изменений их анализ и отображение в электронной карте побережья.

Методология и методы исследования

Разработана и применена новая экспериментальная методика обработки данных ДЗЗ в сочетании с материалами полевых изысканий, что позволило выявить границы блоков переходных ландшафтов «вода-суша». На основе этого комплексного методологического подхода разработаны картографические методы для полномасштабного географического исследования Рыбинского (лесная природная зона) и Цимлянского водохранилищ (степная природная зона), созданы методики картирования прибрежных и мелководных ландшафтов. Используются стандартные методы статистического анализа для многолетних рядов данных по уровню Рыбинского и Цимлянского водохранилищ. Разработаны и применены оригинальные биологически значимые характеристики уровня режима водохранилища, для определения внутренних границ переходных ландшафтов «вода-суша».

Положения, выносимые на защиту

Динамику ландшафтов побережья определяют три критических показателя: многолетний минимум; ежегодный максимум; многолетний максимум.

Для объективного определения пространственных границ блоков переходных ландшафтов «вода-суша» необходимо использовать комплекс экологических данных, включающих характеристики: 1) рельефа, 2) почв, 3) фитоценозов для разнотипных участков побережья, 4) многолетние данные урвненного режима водохранилища и 5) спутниковые данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Картографический подход даёт обоснованную количественную оценку параметров блоков переходного ландшафта на основе ДЗЗ.

Личный вклад автора

Диссертационная работа представляет собой результат экспериментальных полевых исследований и их камеральную обработку, выполненных лично автором или при его непосредственном участии. Автором определены цели и задачи настоящего исследования, принято участие на всех этапах исследований: в планировании и проведении полевых сборов, обработке, интерпретации полученных данных. Автор лично участвовал в апробации результатов и подготовке основных публикаций по выполненной работе, имена соавторов указаны в публикациях по теме исследования.

Соответствие паспорту специальности. Направления исследований и полученные научные результаты соответствуют п.п. 1.9, 1.11, 1.17 Паспорта специальности 1.6.21 Геоэкология.

Апробация результатов

Основные результаты работы были представлены на Международных и Всероссийских конференциях, в ряде публикаций, в разделах монографий. По материалам исследований были сделаны доклады на 6 научных мероприятиях: Международное совещание «Териофауна России и сопредельных территорий» (VII съезд Териологического общества) 6 – 7 февраля 2003, Москва; Международная научно-практическая конференция «Состояние, охрана, воспроизводство и устойчивое использование биологических ресурсов внутренних водоёмов» 13 – 17 августа 2007, Волгоград; Международная научная конференция «Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России» 1 – 4 марта 2011, Санкт-Петербург; Международная научно-практическая конференция «Рациональное природопользование: традиции и инновации» 23 – 24 ноября 2012, МГУ Москва;

Всероссийская молодежная гидробиологическая конференция «Перспективы и проблемы современной гидробиологии», 10 – 13 ноября 2016, ИБВВ РАН, пос. Борок, Ярославская область; Всероссийская конференция «Волга и ее жизнь» 22 – 26 октября 2018, ИБВВ РАН, Борок, Ярославская область; IX Международной научной конференции по водным макрофитам «Гидрботаника 2020» (17–21 октября 2020 г.). ИБВВ РАН, Борок, Ярославская область.

Публикации

По материалам диссертации опубликованы 27 печатных работы, из них 2 – в коллективной монографии, 6 – в журналах рекомендованных ВАК РФ; 8 статей – в других периодических изданиях, 11 – тезисы и материалы конференций.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, результатов и их обсуждения, заключения, выводов, перечня публикаций по теме диссертации, списка литературы (303 источника, из них 34 на иностранном языке) и приложения. Работа изложена на 185 страницах машинописного текста, содержит 73 рисунка и 36 таблиц.

Глава 1

1. Переходная зона побережий «вода-суша» как часть водных и наземных экосистем. Обзор литературы

1.1. Понятие об экотоне

Термин «экотон» часто трактуется весьма широко – как эквивалент понятия «граница между биоценозами», что верно лишь при соблюдении ряда условий, иначе речь может идти лишь о переходной зоне [Харченко, 1991; Залетаев, 1997].

Содержание экологических понятий, введенных Клементсом [Clements 1905, 1936]: представление об переходной территории между смежными экосистемами и предложенный им термин «экотон» за прошедшее столетие претерпели значительные изменения. Так по Ю. Одуму – «экотон представляет собой переход между двумя и более различными группировками (физиономично заметными), например, между лесом и лугом или между мягким и твердым грунтом морских биоценозов. Это пограничная зона, или зона «напряжения» которая может иметь значительную линейную протяженность, но всегда уже территорий самих соседних сообществ» [Одум, 1975]. Одум подчеркивает, что увеличение плотности населения организмов в экотоне – явление не универсальное («безразличие» к экотону демонстрируют некоторые виды охотничье-промысловых животных: плотность населения ланей и куропаток уменьшается на опушках). Аналогичные выводы можно сделать из закона толерантности В. Шелфорда (расширенный закон минимума Либиха), «эффекта Ремане» и другие. Парадокс солоноватых вод, открытый Ремане (1934) – закон, согласно которому минимум морских и пресноводных видов животных наблюдается в солоноватой (близкой к пресной воде) зоне (при солености 5 – 8%) – ограничивающий фактор существования видов. В литературе он известен под названиями: «Эффект Ремане», «Закон минимума видов» («Arten-minimum Remane») [Remane, Schlieper, 1971; Рассашко, Ковалева, Крук, 2010].

Под ограничивающим фактором понимают фактор, уровень которого в качественном и количественном отношении (недостаток или избыток – закон толерантности В. Шелфорда) оказывается близким к пределам выносливости данного организма. Экологически непластичные виды, с узкой нормой реакции – маловыносливые виды, являются стенобионтными, более выносливые, с широкой нормой реакции – эврибионтными. Для экотонов характерны виды с высокой экологической пластичностью (валентностью), например – пырей ползучий (*Elytrigia repens*), в степной – Рисунок 1.

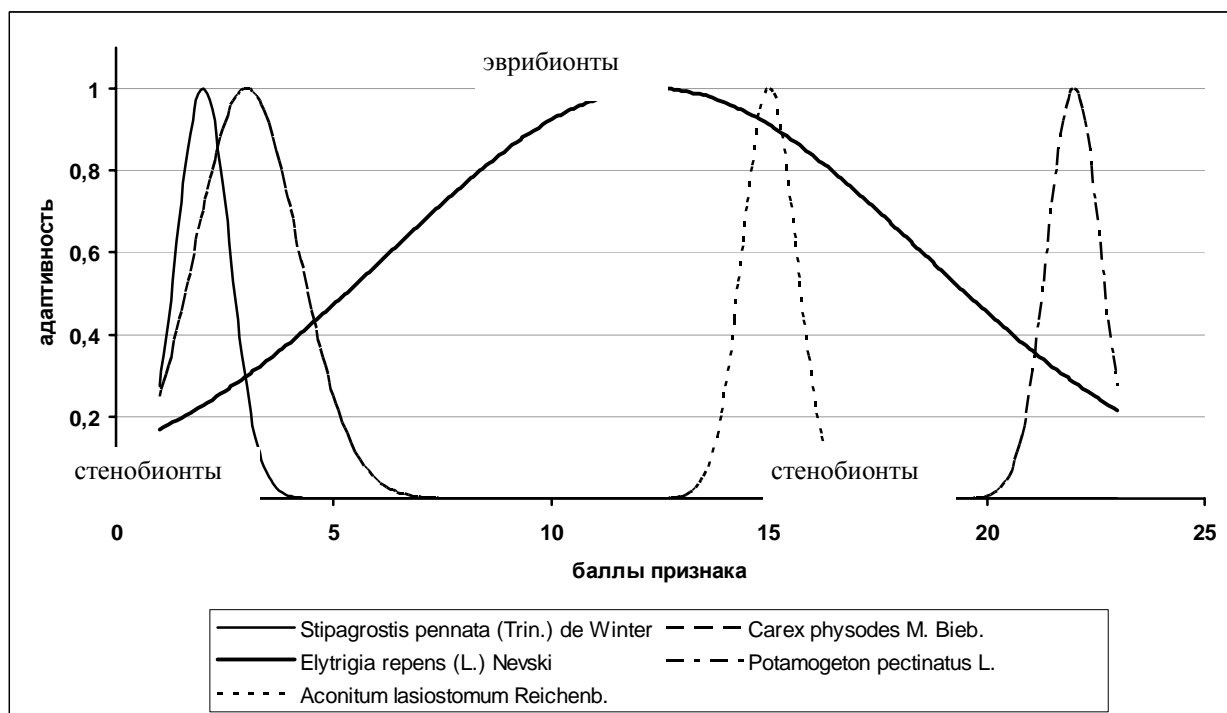


Рисунок 1 – Экологическая пластичность (валентность) видов. На примере ряда растений из рассматриваемых геоботанических описаний. Отношение разных видов к экологическому фактору – влажность почвы, абсцисса (создано на основе бальной шкалы Цыганова Д.Н.).

Мы же будем, вслед за рядом гидробиологов [Харченко, 1991; Ермохин, 2000, 2007; Крылов, 2005], придерживаться более чёткого и более узкого понимания «эктона» – только такой переходной зоны, где проявляется «краевой эффект» – повышенная биопродуктивность, тенденция к увеличению разнообразия и плотности организмов на окраинах двух соседствующих биогеоценозов и в переходных поясах между ними; иначе называемый: «эффект опушки», «граничный эффект». В остальных случаях для переходной зоны «вода-суша» используем термины – пограничные территории или более конкретно: переходные ландшафты побережья.

Под «краевым эффектом» принято понимать: увеличение концентрации биоты, приуроченной обычно к границам сред жизни [Одум, 1975]. «Краевой эффект» – это, в первую очередь, повышенная биопродуктивность на границе экосистем. Таким образом, современное понятие экотонов включает в себя не просто явление физического контакта двух экосистем, но обязательное наличие краевого эффекта, то есть тенденции к увеличению биоразнообразия и обилия в зоне смешения [Харченко, 1991]. Общее название подобного рода границ – экотоны.

Особенностью экотонных территорий, является то, что сообщества экотона содержат помимо организмов контактирующих сообществ еще и организмы, характерные только для экотона, которые за пределами экотона не встречаются: преобладание однолетников и

пластичных сорных видов растений могут считаться заметными особенностями всей категории молодых экотонных экосистем [Залетаев Структурная ..., 1997]. Для многих видов организмов на разных стадиях жизненного цикла требуются сильно различающиеся условия, что наиболее удачно реализуется именно в экотонах. Например, личинки многих видов насекомых (отряды: двукрылые, стрекозы, жёсткокрылые и многие другие) развиваются в воде, в то время как взрослые особи живут на суше; некоторым птицам одновременно требуются деревья для гнездовой и луга для питания (цапли, гоголи, канюки и другие виды). К характерным опушечным видам можно отнести: косулю, лисицу, барсука, лесного хорька, зайца русака, тетерева. Известный зоолог и охотовед, профессор П. Б. Юргенсон, ссылаясь на американского исследователя Миллера, отмечал: «что дикую индейку, или воротничкового рябчика-грауса, открытые местообитания недостаточно защищают от хищников, а под пологом леса недостает света для обилия растительных кормов и насекомых, необходимых для выкармливания птенцов. Нужное же сочетание того и другого как раз и складывается на опушке» [Юргенсон, 1973]. Такое сочетание условий обитания, приводит и к сочетанию разнообразно адаптированных организмов: так, зачастую число видов и плотность популяций в экотоне выше, чем в контактирующих сообществах. Особенно ярко краевой эффект может проявляться на границах трех и более сред, например – устье реки (река – море – суша – воздух).

Важнейшим признаком структурной характеристики биоценозов является наличие границ сообществ. Вместе с тем эти границы весьма редко бывают четкими. Как правило, соседние биоценозы постепенно переходят один в другой. И как результат, образуются обширные пограничные зоны, или переходные зоны, отличающиеся особыми условиями (Рисунок 2).

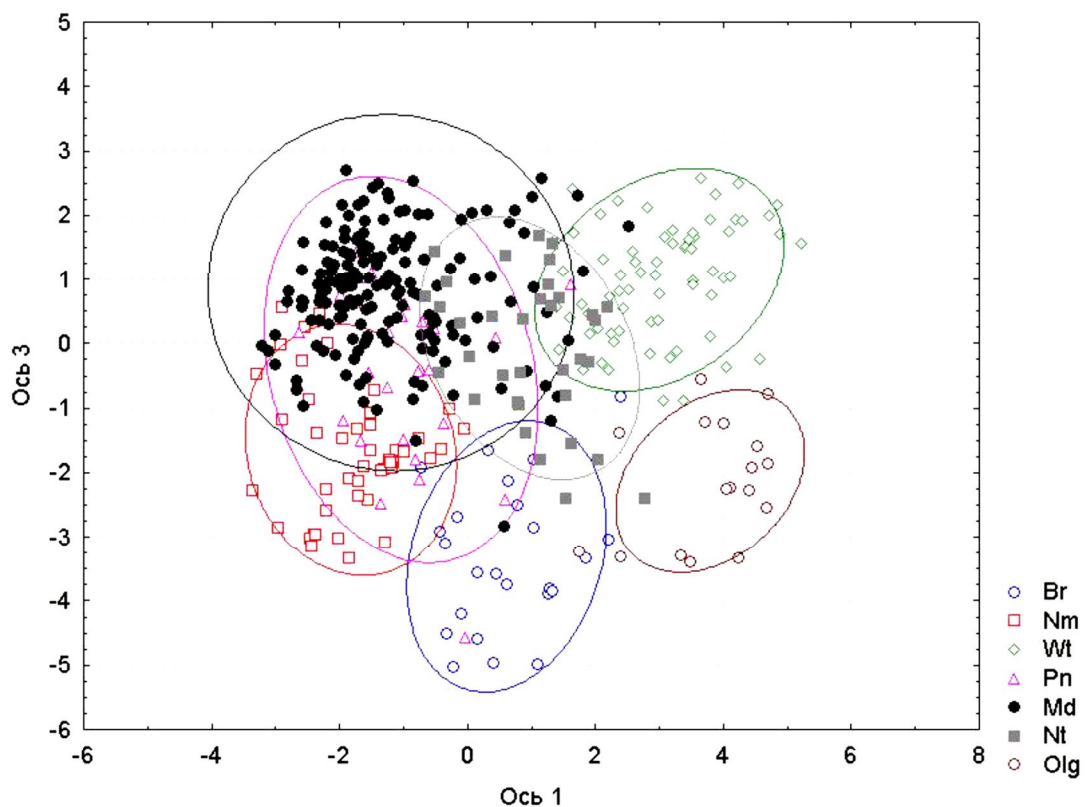


Рисунок 2 – Положение видов семи эколого-ценотические группы видов растений в осях дискриминантного анализа: Br – бореальная, Nm – неморальная, Wt – водно-болотная, Pn – боровая, Md – лугово-опушечная, Nt – нитрофильная, Olg – олиготрофная группы. По основным факторам: увлажнения (ось 1) и освещенности (ось 3). Из [Ханина и др., 2015] с модификациями.

Так, границы между лесом и степью, лесом и лугом, лесом и болотом, между лесами с различными видами-эдификаторами выражены обычно хорошо. Если озеро окружено болотом, переходящим в сухой лес, границы между озером и болотом, болотом и лесом меняются в связи с влажностью, меняющейся в течение сезона. Однако, независимо от сезонного изменения условий границы между этими биоценозами не являются резкими, так как растения и животные, характерные для каждого из них, проникая на соседние территории, создают специфическую «опушку», пограничную полосу.

Экотоны – это не только границы или «швы» – соединения, но и русла геохимических и энергетических потоков, и каналы («дорожная сеть»), где возрастает интенсивность всех биологических процессов – жизнедеятельности организмов и динамики численности популяций [Залетаев Структурная ..., 1997].

Значение этих весьма важных функций экотонных систем не сразу было понято экологами, поскольку специальных исследований экотонов (особенно наземных и водно-наземных) в необходимом объеме до 1980-х годов не проводилось. Однако в последующее

десятилетие сложился системный подход к содержанию понятия «экотон». Ландшафтные экотоны являются составной частью катены как совокупности экотопов по гидрохимическому стоку «в ряду последовательно расположенных на склонах или вокруг водоемов элементарных природных комплексов» [Харченко, 1991]. Изучение и мониторинг структуры и сукцессионного состояния растительности в пределах катены проводится методом ординации (распределении видов или сообществ по градиенту одного или нескольких коррелирующих факторов) и экологического профилирования с учетом экотонных систем (Рисунок 3, Рисунок 4).

Закономерности миграции вещества и его кругооборота в природных экосистемах являются предметом изучения геохимии ландшафтов. По условиям миграции химических элементов академик Полюнов Б.Б. выделял 3 основные группы элементарных ландшафтов: элювиальный, супераквальный, аквадный [Глазовская, 2002] (Рисунок 3). Глазовская М.А. расширяет представления об этих типичных группах, выделяя дополнительные «переходные» ландшафты: трансэлювиальный (склоновые); трансаквальный (речные); транссупераквальные (поемные ландшафты).

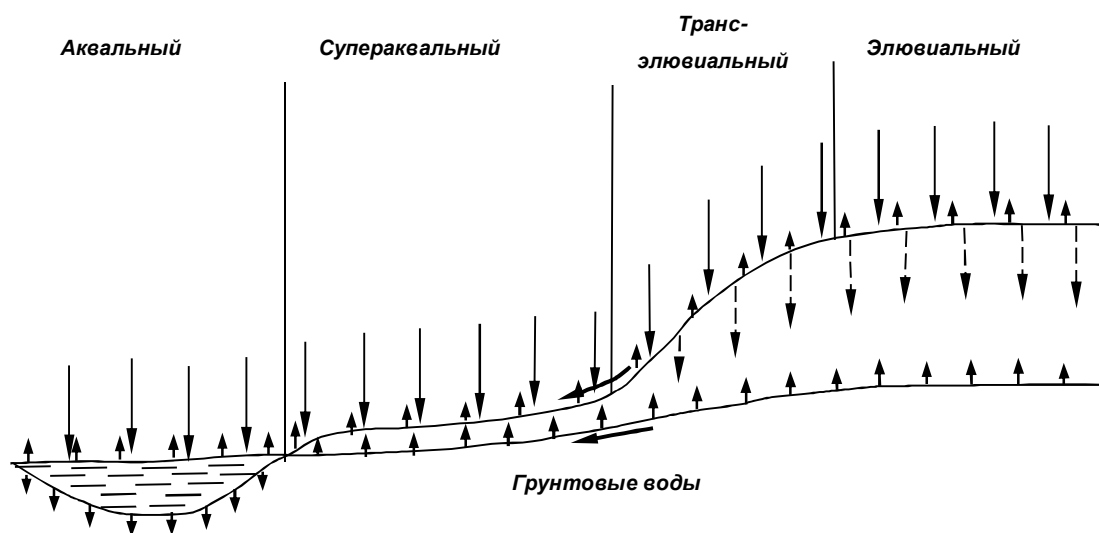


Рисунок 3 – Схема элементарных ландшафтов по Полюнову Б.Б. с изменениями. Стрелками указано направление миграции химических элементов [Глазовская, 2002].

Применительно к конкретным ландшафтам, эта общая схема становится более развёрнутой – Рисунок 4.

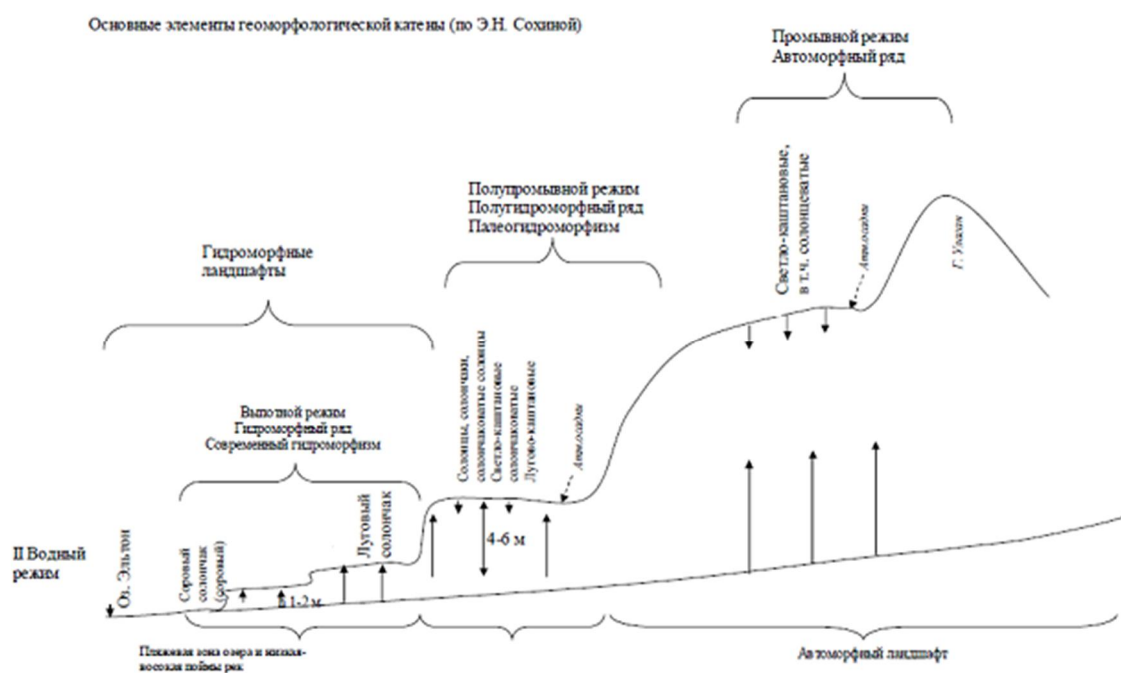


Рисунок 4 – Основные элементы геоморфологической катены для солёного оз. Эльтон (по Сохиной Э.Н.) из [Балук, Кутузов, 2006]. Стрелками показано поступление-вынос влаги и веществ в геосистеме.

Между двумя биоценозами пограничная зона занимает промежуточное положение, отличаясь от них температурным режимом, влажностью, освещенностью. Здесь как бы переплетаются типичные условия соседствующих биоценозов. В переходной зоне произрастают растения, характерные для обоих биоценозов. Обилие растений привлекает сюда и разнообразных животных, поэтому пограничная зона обычно более богата жизнью, чем каждый из смежных биоценозов.

Таким образом, при пространственном переходе одного биоценоза в другой число экологических ниш возрастает, это происходит на границах биотопов, объединяющих свойства стыкующихся ценозов, что нередко даёт не простую сумму, а новое системное качество. Пограничная зона нередко представляет собой особое местообитание со своими специализированными видами, например в переходной зоне между наземными и водными биоценозами. Правило экотонного, или краевого эффекта, и состоит в том, что на стыках биоценозов увеличивается число видов и особей в них (Рисунок 5).

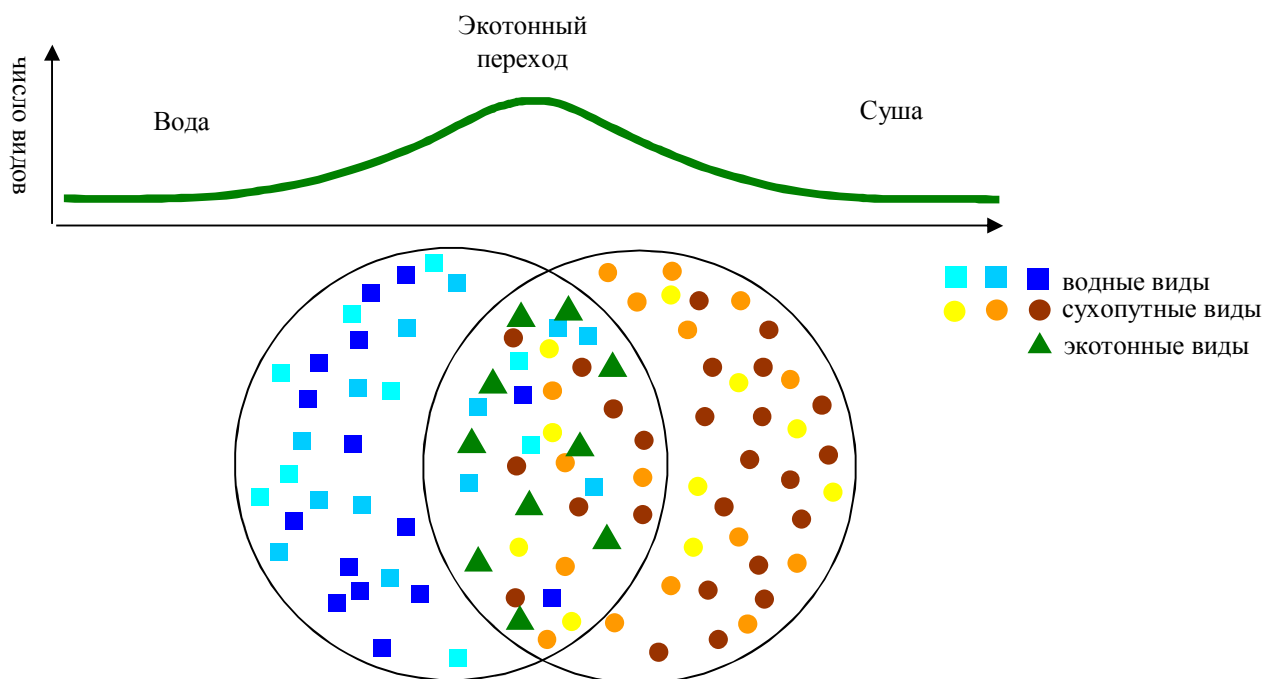


Рисунок 5 – Переходная (пограничная) зона между наземными и водными биоценозами. В нижней части рисунка показано повышенное видовое разнообразие, численность и наличие специфических «эктонных» видов, приспособленных к переходным условиям.

Проанализировав литературные и собственные данные исследований экологической структуры маргинальных участков в переходной зоне вода-суша, на примере р. Медведица, Ермохин М.В. [Ермохин, 2000] предложил шесть основных критериев экотонов: 1) критерий переходных форм; 2) функционального контакта; 3) преобладания по биомассе амфибионтных и гетеротопных форм; 4) полидоминантности; 5) краевого эффекта; 6) количества структурообразующих форм [Соловьёва, 2014].

Следовательно, не каждую маргинальную структуру или зону перекрытия биоценозов можно считать истинным экотоном в узком понимании этого термина, но лишь те, что соответствуют 6 перечисленным критериям – далее резюмирует В.В. Соловьёва [Соловьёва, 2014].

В современные представления о ландшафте «вода-суша» (ЛВС), как особой части катены побережий со сменой условий увлажнения, во многом вписываются понятие о формировании «поясов растительности» вокруг водохранилища, начиная с мелководий. Гидробиолог Мордухай-Болтовской Ф.Д. [Мордухай-Болтовской, 1974] писал: что зона зарослей высших водных растений, это биотоп по видовому составу фауны, по ее обилию и по ходу развития в течение года чрезвычайно резко отличающийся от всех других биотопов водохранилища. «Отличия настолько глубоки, что придают верхнему горизонту защищенной прибрежной зоны характер как бы «другого государства», иногда водоема, находящегося в пределах водохранилища, но живущего другой жизнью, чем остальное водохранилище» Рисунок 6.

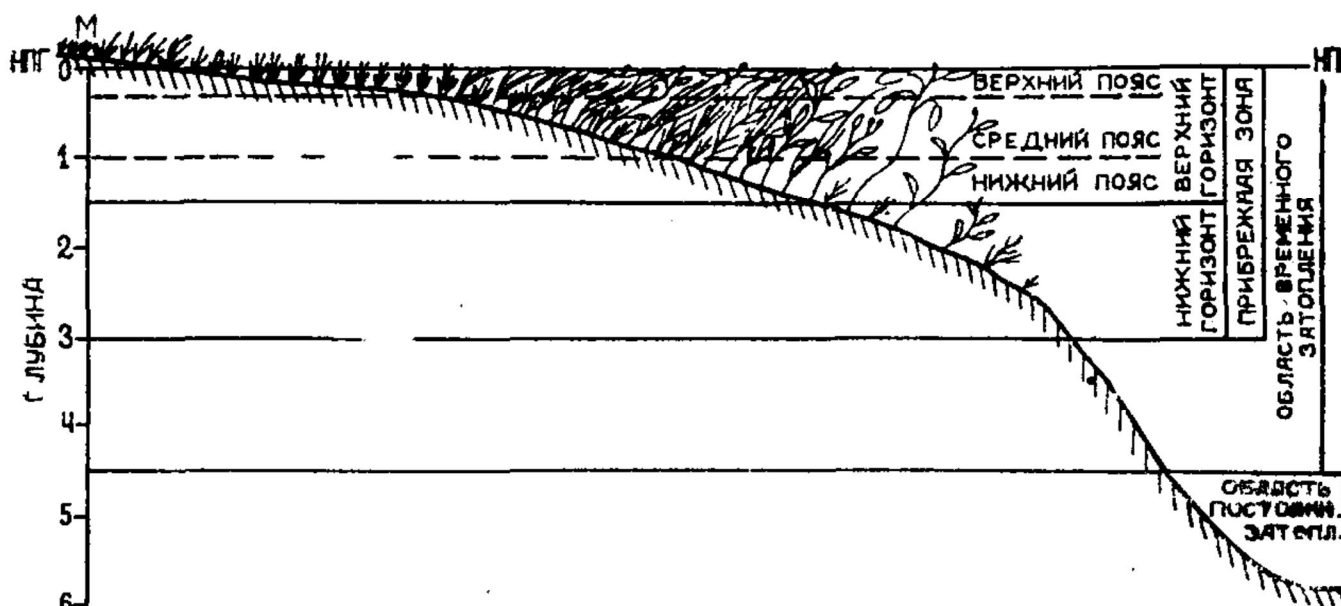


Рисунок 6 – Схема вертикального расчленения Рыбинского водохранилища в районе защищённого побережья. [Мордухай-Болтовской, 1974, 1976]

Границы экотона

Часто за верхнюю границу экотонной зоны на границе «вода-суша» принимают наземные фитоценозы, испытывающие на себе воздействие водоема в виде подтопления – повышения уровня грунтовых вод, за счёт подпора водохранилища. «На практике в каждом конкретном случае маркерами верхней границ экотонной экосистемы выступают те или иные индикаторные виды растений или фитоценозы. Границы литоральной зоны в водоемах условны и зависят от гидрологических объектов» [Соловьева, 2014].

Довольно близок к понятию ЛВС, по своей универсальности, англоязычный термин «ветланд». Термином ветланды («wetland» – сырая земля) обозначаются переходные местообитания на естественном профиле земной поверхности с градиентом увлажнения грунта, ограниченные умеренно увлажненными землями с одной стороны и постоянно обводненными глубоководными зонами водоемов и водотоков с другой [Папченков, 1999].

Формирующим фактором всех ветландов Папченков В.Г. называет гидрологический режим, а в качестве маркеров их границ предлагает считать воздушно-водную растительность. Для ветландов Папченков В.Г., также как Мордухай-Болтовской Ф.Д. для водохранилища, выделяет «нижнюю» и «верхнюю» границы, на основе многолетнего опыта геоботанических исследований экосистем, связанных с сырыми, болотными и мелководными местообитаниями. Ветланд, является более узким понятием по отношению к ЛВС и намного шире понятия «болото», так как включает мелководья водоемов и водотоков, истоки рек, сырые заболоченные пойменные луга, леса и болота. Для ветландов, как одного из вариантов экотонных систем, применительно к прибрежно-водным экотонным системам, Папченков В.Г. предложил

подробную экологическую типологию внутриконтинентальных переувлажненных земель (ветландов). На примере Среднего Поволжья автор классифицирует ветланды в системы, классы и типы, объединяя их в две надсистемы (прибрежные и внебереговые или болотные) и в три системы (речные, водоемов и болот). Каждая из систем включает несколько классов и подклассов, а они в свою очередь, набор типов ветландов, исходящих из конкретных условий обитания.

Переходные ландшафты побережья и экотонные системы

Переходные ландшафты образуют мировую сеть, более сложную, в том числе по очертаниям, чем зонально-поясное деление биосферы. Географические закономерности пространственной организации мировой сети переходных ландшафтов и экотонов еще недостаточно исследованы, так Залетаев В.С. предлагает использовать термин «экотонные экосистемы» [Залетаев, 1989]. Экотонные системы, в отличие от экотонов Клементса, «представляют собой сложившиеся целостные элементарные экосистемы, обладающие географической специфичностью организации, занимают географически выделяемые территории и в этом смысле могут рассматриваться как географическое явление и объект биогеографического и геоэкологического изучения». В отличие от зональных экосистем, мы называем лабильные экосистемы переходных территорий географическими экотонными экосистемами, или геоэкотонами» [Залетаев, 1997].

Проблема границ экосистем

Определение границ смежных экосистем, сообществ и биогеоценозов в природе – сложный теоретический и практический вопрос. «Один из трудных и спорных вопросов – это определение границ экосистемы» [Алимов, 2000]. Шварц С.С. отмечает: «... конкретные границы между отдельными сообществами далеко не всегда могут быть проведены. Существует обширная литература, посвященная теории границ биоценозов, представленная самыми различными точками зрения...» [Шварц, 1980]. Так Остроумов С.А. пишет: «Задача прояснения проблемы границ экосистем (boundaries of ecosystems) включена в число современных приоритетных проблем экологии, [Ostroumov et al., 2000]. Во многих работах об основных концепциях экологии, включая проблему границ экосистем и сообществ, нередко за основу берется эмпирический материал, касающийся преимущественно наземных организмов» [Сукачев, 1972; Работнов, 1983, 1995; Остроумов, 2003].

Относительно водных экосистем, Остроумов С.А. считает, важным: «... заново проанализировать вопрос о границах экосистемы, причем с учетом эмпирического материала о

водных экосистемах» [Остроумов, 2002]. Далее автор указывает, есть две точки зрения по поводу границ экосистем и биогеоценозов.

1) Границы всегда существуют и выделяются однозначно. При выборе критерия для разграничения предлагалась следующая концепция: «биогеоценоз пространственно определяется границами растительного сообщества» [Шилов, 2000].

2) Отсутствие четких границ: «Соотношение дискретности и непрерывности в экосистемах – один из интереснейших и важнейших вопросов современной экологии» [Розенберг и др., 1993].

К этому следует добавить представления о локальной мозаичности биотических и абиотических факторов, на уровне микро- и мезорельефа (кочки, валы, гряды, балки и овраги, «степные блюдца» и многие другие.).

Поиски решения этого вопроса ведутся в трудах Л.Г. Раменского [Раменский, 1924; Whittaker, 1967], Т.А. Работнова [Работнов, 1983, 1995], В.В. Соловьевой и Г.С. Розенберга [Соловьева, Розенберг, 2006]. В работе посвящённой разработке концепции неопределённости границы экосистем [Остроумов, 2003] Остроумов предлагает выделять два типа неопределённости границ экосистем:

1) неопределённость, связанную с континуальными переходами одного сообщества в другое (примеры растительных сообществ, [Работнов, 1983]),

2) неопределённость, связанную с несовпадением границ отдельных популяций, входящих в данную экосистему (в том числе: разногодичные «флуктуации фитоценозов»). В случаях, когда континуальных переходов нет, предлагается различать два типа границ экосистемы: внутренней и внешней.

Здесь же стоит добавить представления об исторически сложившейся локальной неоднородности распределения отдельных абиотических элементов среды (например: эдафических, гидрологических и др.).

Под внутренней границей, автором понимается граница центральной части экосистемы, общей для всех популяций, входящих в данную экосистему. Под внешней границей понимается граница периферийных выступающих участков ареалов отдельных популяций данной экосистемы – тех участков, где ареалы всех этих популяций не накладываются друг на друга. Таким образом, в экосистеме выделяются две части (внутренняя – ядро и внешняя), каждая из них может иметь свою границу, и очертания экосистемы приобретают двухконтурный характер.

В фауне, среди видов, входящих в состав экосистемы водоёма, можно выделить три контрастные группировки:

1) Обязательные гидробионты, не покидающие водоёмы (рыбы, фитопланктон, двусторчатые моллюски, ракообразные).

2) Земноводные – прибрежно-водные группы видов: личиночная стадия обитает в воде и вступает в трофические связи с другими обитателями; особи взрослой стадии выходят из воды и вступают в трофические связи с наземными организмами побережья водоёма.

3) Временные гидробионты – водные насекомые, у которых личиночные стадии проходят в воде, а крылатая взрослая стадия (имаго) – обитатели побережий и смежных территорий (отряды насекомых: двукрылые, стрекозы и многие другие) [Wetzel, 2001].

Очевидно, что в этих естественных группировках животных, границы наземных ареалов популяций могут не совпадать: для 2 и 3 групп видов и для всех видов внутри одной группы. В пространственной организации экосистемы, её граница будет объединять центры ареалов всех популяций видов всех трех групп. «Говоря языком теории множеств, таковой границей является граница, охватывающая область пересечения ареалов всех этих популяций. Именно такой границей является линия контура водной поверхности данного пруда или озера» [Остроумов, 2003]. Именно этот вид границ можно назвать внутренней границей экосистемы.

Рассматриваются различные типы границ: резкий, плавный, диффузный, каемчатый, мозаичный и в виде островных переходов; что зависит от масштабов рассмотрения. Такие границы не являются плавными, однородными – для них характерна фрактальность, самоподобие на разных масштабах рассмотрения. Графически разнообразие некоторых типов границ экосистем проиллюстрировано ниже – Рисунок 7. В зависимости от масштаба рассмотрения, в конкретном случае можно встретить сочетание различных видов границ: так фрагмент 1 может быть малым участком границы, изображённой на других фрагментах, фрагмент 7 – более детальным (увеличенным) рассмотрением «отчётливых» переходов на остальных фрагментах.

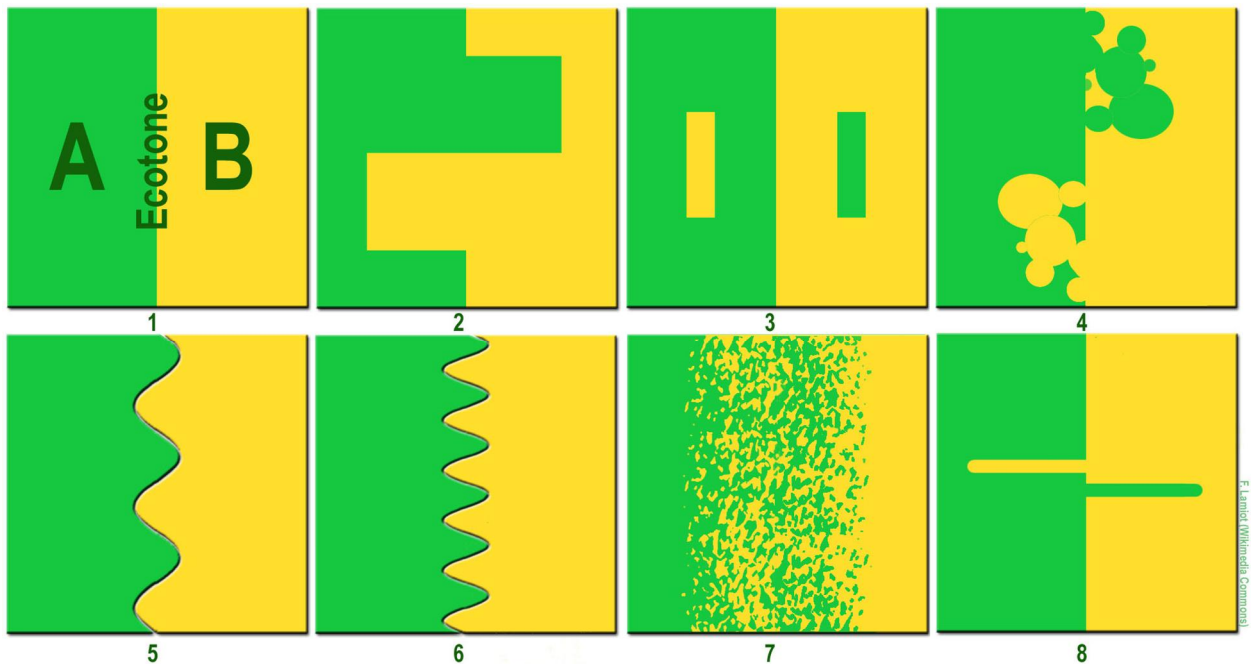


Рисунок 7 – Некоторые типы границ экосистем. На фрагменте 1 и 2 показано простые экотоны с равными гомогенными поверхностями в обоих случаях; фраг. 3 показывает вторжение одних биоценозов к другим, создает много экотонов, сложный пример показан на фраг. 4. Фраг. 5 и 6 показывают окраину леса или берег, вариант рассматривается таким образом, чтобы значительно увеличить экотон без чрезмерного изменения окружающей среды. Фраг.7 показывает взаимное массированное проникновение двух биоценозов (как пример, то, что происходит на опушке). На фраг. 8 показан экотон, который может быть создан животными, которые модифицируют среды [<https://ru.wikipedia.org/wiki/Экотон>].

1.2. Виды переходных ландшафтов побережья

Разделение экотонов на группы часто производят по составу смежных экосистем (исходя из определения), где ландшафт «вода-суша» (ЛВС) имеет особое значение в связи с исключительным значением воды для жизни.

Общепризнанная классификация экотонов, их соподчинение ещё не разработаны, по мнению ряда авторов [Соловьева, Розенберг, 2006]. Распространена классификация, в которой различают экотоны трех уровней размерности (масштабов): I порядка (ценотопы) – межфациальные (между конкретными сообществами, биогеоценозами, экотопами); II порядка – межландшафтные (между крупными ландшафтно-территориальными единицами в пределах одной зоны); III порядка (зооэкотоны) – межзональные (между природными зонами) [Мирзадинов, Курочкина, 1985]. По степени масштабности часто выделяют также: микро-, мезо-, макро- и мегаэкотоны. А Неронов В.В. относит к экотонам переходные полосы между

синузиями и парцеллами [Неронов, 2001]. На практике, в полевых исследованиях чаще выявляются мезоэкотоны: опушка леса, окраина болотного массива. Федорук отмечает, что для иностранных публикаций характерно: различение экотонов между отдельными участками внутри ландшафта (plant ecotone), между сообществами (phytocenos ecotone), популяциями (population ecotone) и, наконец, ландшафтные экотоны (landscape ecotone) [Экология. Федорук, 2013; Naiman, R.J.; Décamps, H.; Fournier, F. (Eds). 1989; Kiss M., Deák J. Á. and Bárány-Kevei I. 2009].

«С возрастанием масштабности улучшается обособленность экотонов, полнее проявляется структура. К категории макроэкотонов относятся зоны (лесостепь, лесотундра, полупустыня), субальпийский пояс в горах. Они именуются зоноэкотонами (или зонобиомами). Самым высоким уровнем размерности располагают мегаэкотоны, например подводные и субаэральные окраины континентов» [Экология. Федорук, 2013].

Для ландшафтных экотонов равнин характерным является: ясно выраженная пространственная упорядоченность их внутренней структуры, ясно выраженную поясность, полосчатость, микрзональность. Наглядно проявляется в условиях естественных склоновых местоположений, водно-береговой зоне рек и озер, на опушках и границах лесной и травянистой растительности. В условиях равнин можно выделить ландшафтные экотоны: склоновый, водно-береговой и опушечный парагенетические комплексы [Бережной, Григорьевская, Двуреченский, 2000].

Склоновый ландшафтный экотон (СЛЭ) – формируется на плавном градиенте геофизических параметров ландшафта, в пределах разнообразных по своей морфологии и литологии склонов. При этом в ландшафтном плане он охватывает не только собственно склоновый тип местности, составляющий его ядро, но включает в себя смежные части плакорного и пойменного примыкающие к склоновому [Щербаков, 1982], см. также Рисунок 3 (трансэлювиальный элементарный ландшафт).

Водно-береговой ландшафтный экотон (ВБЛЭ) – напротив, очень контрастный: переход между водной и наземной средами обитания. Занимает промежуточное положение между наземным и земноводным вариантами ландшафтной сферы в понимании Милькова Ф.Н. Его основа контакт твердого вещества и воды, береговой зоны и прибрежного мелководья. В его пределах хорошо различаются верхняя составляющая кругооборота вещества и нижняя (подземная) в виде потока грунтовых вод, обеспечивающая гидроморфность почв и растительности в прибрежной зоне [Мильков, 1970].

Береговая зона, подвержена в наибольшей степени колебаниям уровня воды и в чем-то сравнимая с приливно-отливной зоной морей. Здесь в умеренном климате могут формироваться

пояса рогозовой ассоциации с общим проективным покрытием рогоза широколистного достигающего 100%.

На мелководьях глубиной 0,5-0,8м характерна смена рогозовой ассоциации на полосу кубышки. Далее, непосредственно к чистой водной глади примыкает рдестовая ассоциация, часто имеющая двухъярусное вертикальное строение. На поверхности воды с общим проективным покрытием до 100%, может преобладать рогульник плавающий, а в подводной части ассоциация располагаются рдест и уруть. Характерные глубины этого пояса от 1,2 до 1,5м. Смотри также Рисунок 3 (супераквальный и аквальный элементарные ландшафты).

Опушечный ландшафтный экотон (ОЛЭ). Особенности его природы были замечены давно. Опушка – это очень важный элемент в экологии лесных охотничьих зверей и птиц, да и в лесном биогеоценозе в целом, опушка – не условный рубеж, а реальность. Одновременно это лишь условный термин, определяющий контакт, рубеж между стеной леса и открытым пространством: поле, луг, степь или свежая вырубка. В более широком толковании опушкой будет и рубеж (контакт) между стеной высокоствольного леса и молодняком, между лесом и верховым болотом и, наконец, между лесными древостоями: существенно различными по породному составу, высоте, возрасту и другим свойствам. Однако у опушек и отчасти разновысотных насаждений есть и совершенно специфические экологические свойства, вызывающие, в частности, и концентрацию на них не только охотничьих животных, но также и мышевидных грызунов, мелких птиц и других представителей животного мира. Опушка – это стена леса из всех составляющих его ярусов лесной растительности, открытая для инсоляции в такой же мере, как свободное пространство. Вот эта повышенная освещенность, благотворно влияющая на лесную растительность, и является решающим экологическим фактором. Там, где контактируют разновысокие древостой существенно разные по значению для фауны лесных угодий, это важнейшее свойство выпадает, но сохраняется другое свойство: территориальная близость биотопов с существенно разными свойствами, одинаково нужными для отдельных видов животных. Простейший пример: по одну сторону рубежа животное кормится, по другую – более благоприятные условия для укрытия от опасности и т. п. [Танфильев, 1953]. Смотри также Рисунок 7 (фрагменты: 3,4,7,8).

Охотовед Юргенсон П.Б указывает, что в 1933 г. американский натуралист-охотовед А. Leopold обратил внимание – чем разнообразнее состав угодий в пределах данного участка, тем больше будет его емкость для охотничьих животных и плотность населения данного вида, А. Leopold назвал это явление «эффектом опушки». Если «вид обладает ограниченным радиусом активности и нуждается не менее чем в двух типах угодий, то плотность его населения будет увеличиваться прямо пропорционально сумме параметров этих угодий». [Юргенсон, 1973].

Следовательно, проведение типологизации (классификации) угодий данной территории позволит дать количественную оценку численности промысловых и других видов животных.

По Юргенсону П.Б. – экологический эффект опушки возникает не только на контрастных границах экосистем: «где леса соседствуют с полями, лугами, пашнями и т. д.». Далее: «Он часто возникает и внутри леса: по кромке сплошных лесосек, лесных гарей, вокруг лесных полей, лесных водоемов и т. д. Значение и результат в каждом случае бывает разный – будь то опушка с овсяным полем, клеверным лугом, сенокосной лесной поляной, или с делянкой лесосеки, предположим, из-под ельника-черничника» [Юргенсон, 1973].

1.3. Особенности распределения блоков экотона «вода-суша» в водоёмах разного типа

Основные типы водоёмов суши представлены: реками и каналами, озерами и водохранилищами, болотами и ледниками. В нашем исследовании основным объектом являются крупные равнинные водохранилища и устьевые части впадающих рек.

Природно-техногенные объекты – водохранилища по многим параметрам напоминают естественные водные объекты – озёра, но имеют ряд принципиальных отличий. В экосистемном аспекте – адаптации прилегающих биогеоценозов и ландшафтов, различия между естественными и «искусственными озёрами» (водохранилищами) важно отметить нижеследующие факты.

1. Амплитуда уровня на порядок больше озёрной, для большинства водохранилищ. Площадь зеркала вод может меняться в 1,5-2 раза для многих крупных равнинных водохранилищ. Как следствие, на крайних точках – одно водохранилище представляет собой обычно два различных водоёма (причина: относительно большие амплитуды уровня и малые глубины).

2. Характерен ускоренный тип водообмена – промежуточный между речным и озёрным. [Вендров, Дьяконов, 1976; Водоохранилища..., 1987]

Экологическая зональность водоёмов – существование в водоёмах различных зон жизни, населённых разными организмами и их сообществами, что обусловлено сменой условий существования организмов от поверхности в глубину водоёма и от побережья к его открытым частям. Изменения различных факторов внешней среды (температура, освещённость, гидростатическое давление, газовый режим, рельеф дна, удалённость от берегов, трофические условия и другие), обуславливают возможность выделения таких зон.

Обобщённая классическая структура зональности для пресных озер умеренных географических широт представлена на рисунке – Рисунок 8.



Рисунок 8 – Вертикальная экологическая зональность озера. [Зернов, 1934; Биологический..., 1986].

Основные элементы этой схемы находят своё отражение и в схеме Волжского каскада водохранилищ (Рисунок 9). Для незарегулированных плотинами рек, в виду высокой перемешиваемости их вод, вертикальная экологическая зональность не выражена. На поперечном профиле реки различают 2 основных зоны: прибрежную зону – рипаль, с характерными зарослями макрофитов и открытую – медиаль. У водохранилищ, экологическая зональность в приплотинных глубоких участках имеет озёрный характер, но ближе к верховьям – зональность, уже характерная для рек (Рисунок 9).

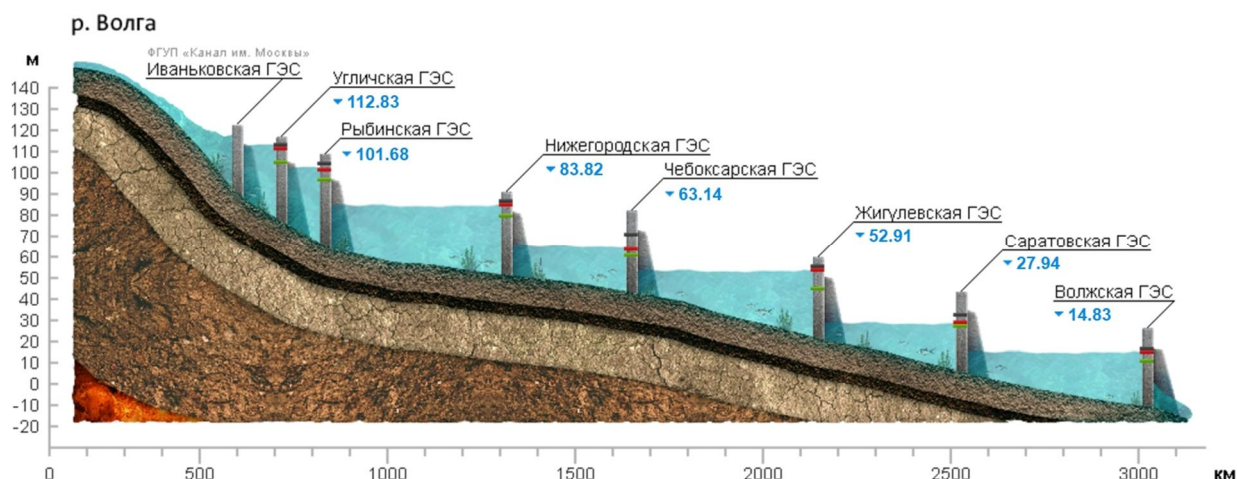


Рисунок 9 – Каскад волжских водохранилищ. Числа синим шрифтом – изменение (здесь: снижение) уровня от значений предыдущих суток. Цветные горизонтальные линии – отметки допустимого диапазона колебания уровня воды у плотины. (Источник:

<http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/>)

1.4. Закономерности формирования водно-наземного переходного ландшафта побережья

Пограничные территории неизбежно формируются на стыке 2-х различных экосистем. Формирование и развитие экотона соответствует развитию этих экосистем, что на практике для ЛВС означает постоянную динамику зоны контакта, флюктуирующую (колеблющуюся) для сложившихся экосистем или векторную (направленную) для вновь формирующихся. Так, при создании водохранилища, сравнительно быстро формируются зона постоянного подтопления.

До затопления водами водохранилища, речная долина, по природным и ландшафтным характеристикам подразделяется на три основные зоны (Рисунок 10):

- русло реки;
- пойма, часть долины, периодически затапливаемая речной водой в период половодья;
- склон, коренные берега долины [Маккавеев, 1955].

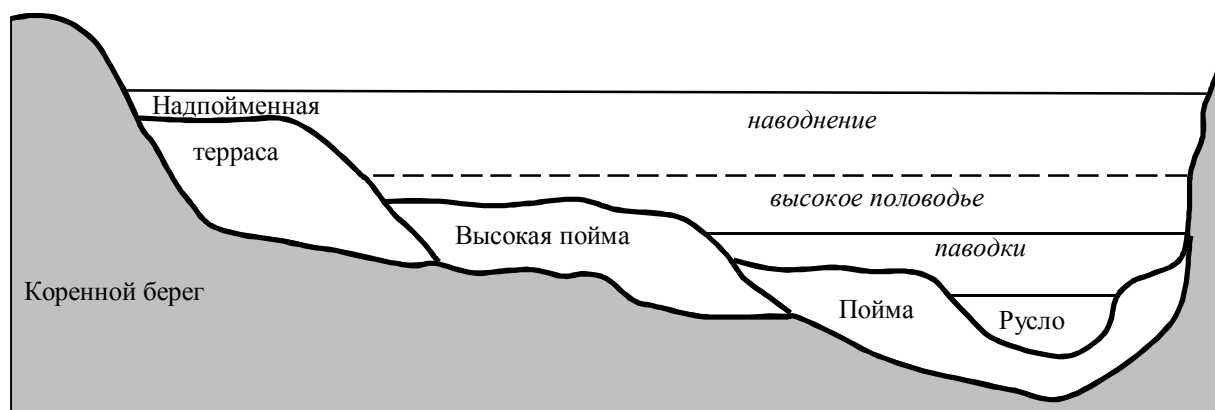


Рисунок 10 – Вмещающий ландшафт зрелой речной долины подразделяется на 5 зон: русло, пойма, высокая пойма, надпойменная терраса и коренной берег. Влияние реки на формирование поемных элементов.

Ряд авторов отмечает, что колебание уровня воды является определяющим фактором, влияющим на формирование растительности экотонов водохранилищ и динамику структуры сообществ. Экотонная зона «вода-суша» отличается чрезвычайной динамичностью экологических условий. А распределение видов растений зависит от степени увлажнения грунта, глубины и длительности затопления [Папченков, 1999; Соловьёва, 2014].

В зоне взаимодействия водохранилища с наземными экосистемами формируются пограничные, экотонные территории, которые функционируют в условиях повышенной динамичности факторов среды. Создание крупного гидротехнического сооружения – водохранилища является серьезнейшим антропогенным фактором, дестабилизирующим

сформировавшуюся за геологическую эпоху структуру поймы реки с незарегулированным стоком [Вендров, Дьяконов, 1976; Залетаев В.С., 1997]. Определение границ влияния и особенности затопления разных территорий, под воздействием вновь сооружаемого или уже функционирующего природно-техногенного объекта (водохранилища), созданного и действующего в интересах многих водопользователей – актуальный вопрос теории и экологической практики. Теоретические схемы влияния водохранилища на природную среду [по: Вендров, Дьяконов, 1976] представлены ниже – Рисунок 11.

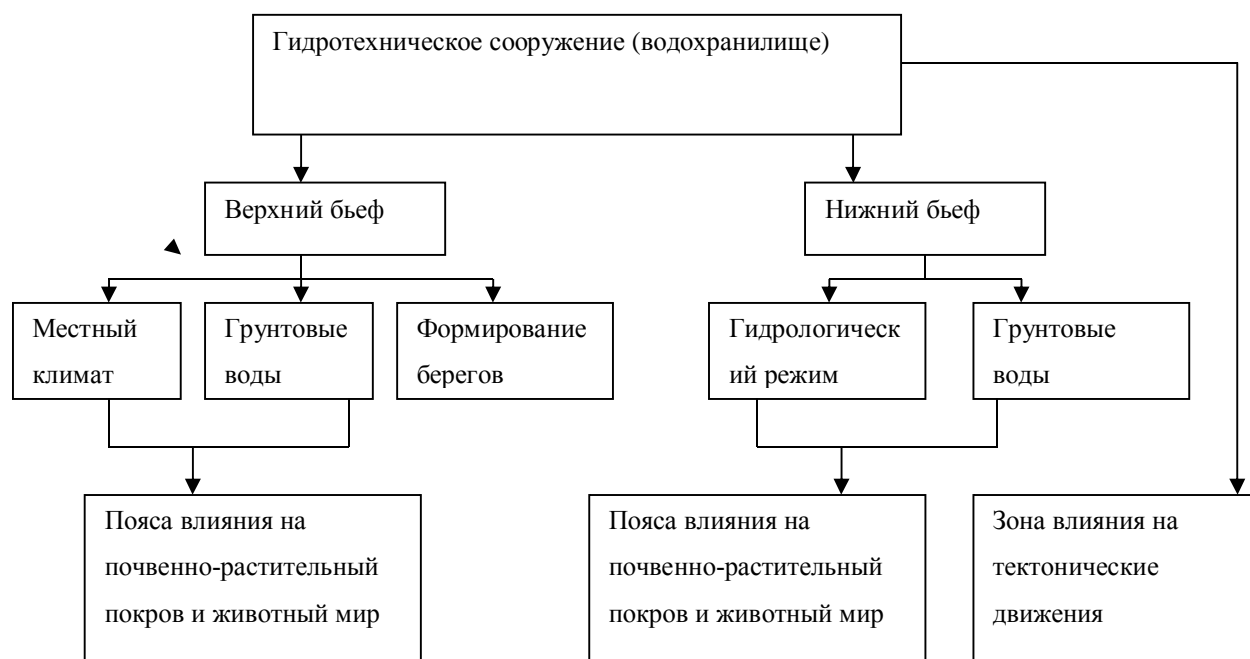


Рисунок 11 – Схема влияния водохранилища на природную среду.

Проблема определения территории и зон влияния, вновь создаваемых и уже функционирующих, водохранилищ остаётся актуальной. Общетеоретические подходы к решению вопроса о распространении влияния водохранилища на окружающие территории показано на схеме – Рисунок 12.

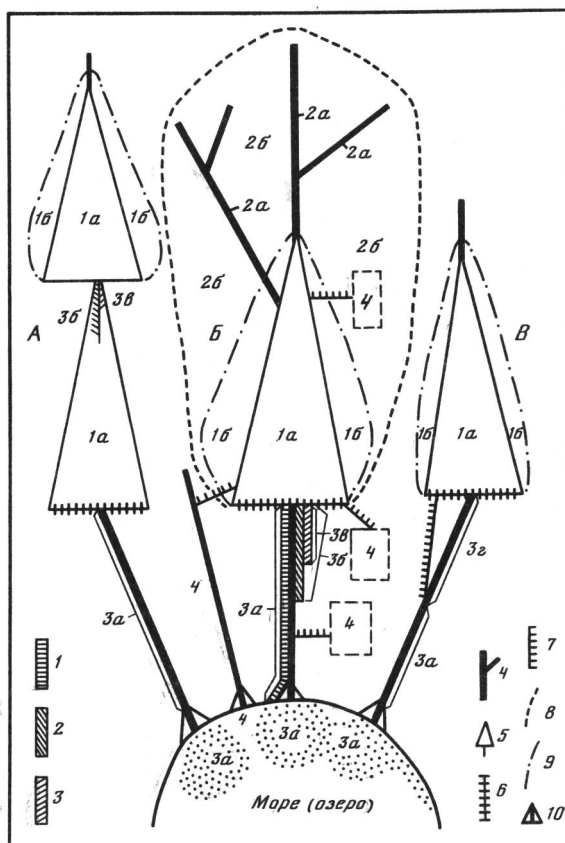


Рисунок 12 – Основные регионы воздействия водохранилищ на окружающую среду (по В.А. Шарипову). Водохранилища: А – в каскаде, Б – одиночное, В – с отводом воды в деривационные тоннели и каналы. Зоны влияния: 1 – многолетнего и сезонного регулирования речного стока, 2 – недельного регулирования стока, 3 – суточного регулирования стока; 4 – река; 5 – водохранилище; 6 – гидроузел; 7 – канал. Границы: 8 – водосборного бассейна; 9 – зоны влияния водохранилища на прилегающие территории; 10 – дельта реки [Водохранилища, 1986].

Однако, в теории и практике определения таких регионов воздействия для конкретного водохранилища в его специфичном ландшафтном окружении, такие гипотетические модели и оценки малоприменимы. Для выявления регионов и, тем более, зон влияния конкретного гидросооружения на вмещающие ландшафты, необходимо современное экологическое и картографическое решение, на основе анализа больших объёмов экологических и инфраструктурных данных в географических информационных системах (ГИС).

Так, в работе посвящённой Камскому водохранилищу, относимого к водной системе Волжско-Камского каскада водохранилищ, предлагается решение вопросов определения границ зон подтопления [Филькин, 2011] – Рисунок 13. Точкой отсчёта здесь выбран нормальный подпорный уровень водохранилища (НПУ) и указана его высота в принятой БС.

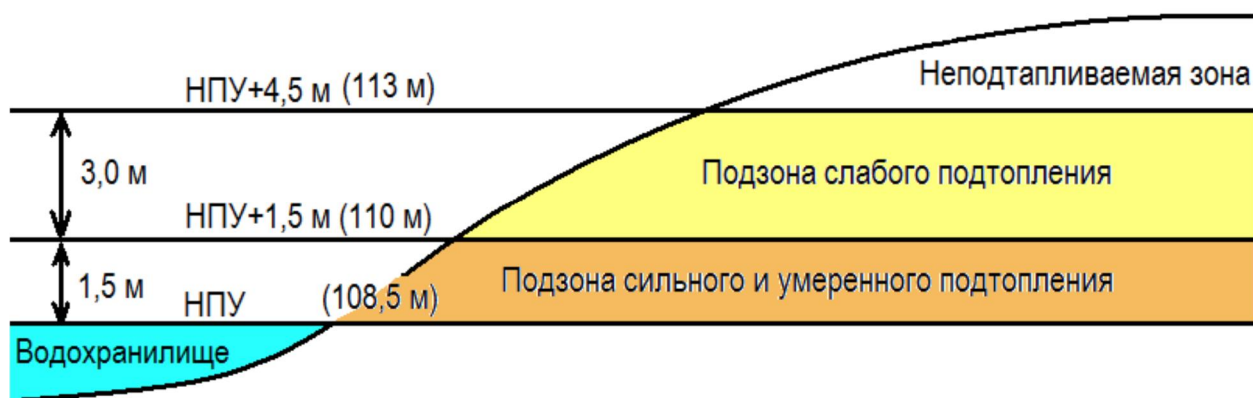


Рисунок 13 – Положение подзон подтопления относительно НПУ водохранилища.

При разработке подходов к определению зоны подтопления Камского водохранилища берегов исследователями были выделены 5 групп урочищ, особенности которых делают возможным развитие процессов подтопления почв. Распространение подтопления вглубь берега были определены по ключевым изолиниям рельефа местности – 110 (1,5м над нормальным подпорным уровнем (НПУ) водохранилища) и 113м (4,5м над НПУ). Ключевые изолинии в работе были выделены на основании данных: 1) по водохранилищам-аналогам и на основании данных полевых работ. Зона сильного и умеренного подтопления была определена в пределах: от 0 до 1,5м над НПУ, а зона слабого подтопления – в пределах отметок от 1,5 до 4,5м над НПУ (Рисунок 13). При определении верхней границы учитывались данные о средней мощности почвенного профиля (1-1,5м) и сведения о максимальной высоте капиллярного поднятия влаги для почвогрунтов прибрежной зоны Камского водохранилища (3-3,5м). Таким образом, для Камского водохранилища определялись площади: зоны сильного и умеренного подтопления; зоны слабого подтопления. При определении границы зоны подтопления здесь предполагается, что она за период существования водохранилища она в основном уже сформировалась.

Однако автором отмечается, что зоны подтопления почв Камским водохранилищем таким методом были определены фрагментарно, а не в виде сплошного пояса и выделена не везде [Филькин, Ерёмченко 2011].

Значительный вклад в развитие теории экотонов в своих работах сделал В. С. Залетаев [Залетаев, 1979, 1984, 1989; 1997], где он сформулировал основные принципы структурно-функциональной организации экотонов, обеспечивающей устойчивое развитие территорий. Залетаев описал мировую сеть экотонов, географические закономерности ее пространственной организации и охарактеризовал важную роль этой сети в поддержании биосферных процессов, предложил классификацию экотонов. Применительно к водным объектам, ряд авторов рассматривает экотоны речных пойм и дельт [Залетаев, 1997; Ильина, 1997], экотоны в

областях маргинальных биотопов моря, на его границах с атмосферой, берегом и речными водными массами [Зайцев, 1997].

Процессы взаимодействия водной и наземной среды формируют зону, размеры которой зависят от параметров и типа водного объекта (река, водохранилище, озеро, море), ландшафта побережья, свойств грунтов, гидрологического и гидрогеологического режимов суши, особенностей состава и динамики биокомплексов. Ширина контактной зоны, то есть всего водно-наземного переходного ландшафта побережья, может быть как небольшой (до нескольких метров), так и огромной, достигающей десятков километров. Соответствующие данные были получены и в наших исследованиях на водохранилищах – широкие переходные зоны представляют собой поймы и дельты притоков Цимлянского и Рыбинского водохранилищ [Отчёт..., 2004; Отчёт..., 2006], а также известны для крупных равнинных рек: Волга, Дон и других. В настоящей работе структура контактной зоны – экотона «вода-суша», в широком понимании, рассматривается по следующим блокам.

Первый активный структурный блок ЛВС – аквальный – выделяется на прибрежной акватории за пределами литорали и периодически осушаемых участков водного объекта. Биокомплексы этого блока характеризуются дистантным типом динамики, поскольку влияние соседнего амфибиального биокомплекса, а также наземных биокомплексов очень незначительно. На реках этот блок характеризуется быстрым водообменом и глубинами, превышающими 1,5-2м. Для Рыбинского и Цимлянского водохранилищ, по нашим данным, данный блок может быть представлен необсыхающими мелководьями с глубинами до 5м от НПУ.

Второй – центральный структурный блок водно-наземного экотона: амфибиальный или флуктуационный – формируется в полосе прямого контакта воды и суши, где проявляется максимальное взаимовлияние двух сред. Этот блок характеризует «инстантная динамика» биокомплекса – немедленная реакция на изменения среды и короткопериодичные, в том числе, суточные колебания уровня воды. Для него характерны амфибиальные биотические сообщества и водные организмы, преимущественно экологически пластичные, с коротким жизненным циклом, способные выживать при временном осушении их местообитаний. Наиболее типичны сообщества макрофитов и сообщества «зооперифитона» – группировки организмов, обитающих на поверхности макрофитов и погруженных в воду объектов, адаптированных к колебаниям уровня воды в водоеме и способных существовать как в водной, так и в воздушной среде. Для этого блока характерны также сообщества прибрежных мелководий [Поддубный и др., 2017] – плавающих растений; сообщество беспозвоночных животных – обитателей литорали, включая виды бентоса, и сообщество видов-обитателей пляжей и маршей. В состав его биоты входят

птицы, гнездящиеся на пляжах и островах и кормящиеся на литорали и мелководьях, а также млекопитающие – обитатели берегов и плавней.

Третий блок – динамический – расположен выше зоны прямого контакта воды и суши вглубь побережья расположен структурный блок, характеризующийся «динамикой» биоконплексов. Это пояс низкой и средней поймы, испытывающий регулярные или периодические затопления паводковыми водами. Для него характерны хорошо выраженная периодичность биологических процессов, отличающаяся от наблюдаемых на плакорных местообитаниях у тех же видов растений и животных, и мозаичная структура биоценотического покрова, определяемая микро- и мезорельефом местности, свойствами грунтов, их фильтрационными характеристиками, колебаниями уровня грунтовых вод и мозаичным распределения участков с разной степенью увлажненности; характерно быстрое развитие сукцессии и активные процессы адаптации. Этот структурный блок в низменных участках пойм и дельт крупных рек может достигать ширины нескольких километров. Следующие два структурных блока характеризуются уже «дистантной динамикой» биоконплексов и всех природных процессов, которые «запаздывают» по отношению к прямому влиянию водного объекта [Залетаев Мирова ... , 1997; Кутузов, 2005].

Четвёртый блок – дистантный – являет собой пояс высокой поймы, незаливаемой в паводки, но испытывающей влияние фильтрации или подпора грунтовых вод, что сказывается на видовом составе, структуре, продуктивности биоценозов и особенностях их динамики. Экотонные биотические сообщества этого пояса включают большое число видов плакорной растительности, в том числе виды суходольных лугов и древесных пород с широкой экологической амплитудой. Динамические процессы, связанные с влиянием водного объекта, ослаблены и запаздывают, сукцессии имеют спокойное течение и более активны лишь в понижениях рельефа. Здесь можно наблюдать систему элементарных переходных ландшафтов в результате узколокальных сочетаний геоморфологических и гидрологических факторов и выхода на дневную поверхность грунтовых вод.

Пятый структурный блок – маргинальный пояс речной долины, представляет собой переходное пространство между пойменными и зональными экосистемами водосборной территории. Переходный характер растительных сообществ этого пояса выражен слабо. Он проявляется в присутствии ряда пойменных видов растений, животных и их микрогруппировок. Доминируют виды и группировки водораздельных территорий. Биотические сообщества этого пояса проявляют «дистантную» слабо выраженную динамику, что обусловлено значительной удаленностью от водного объекта и достаточно устойчивым режимом грунтовых вод. Влияние водного объекта и процессов, происходящих в третьем и четвёртом блоках, достигает маргинального четвертого блока, главным образом, на основе развития биоценологических цепей.

В результате этого происходят перегруппировки и изменения соотношений видов в сообществах, расселение некоторых видов из низкой и средней поймы или экспансия насекомых из очагов вспышек их массового размножения, расположенных в биотопах третьего и четвёртого блоков [Залетаев Мироява ..., 1997; Кутузов, 2005; 2007] – Рисунок 14, по [Ellinor Bro Larsen, 1951].

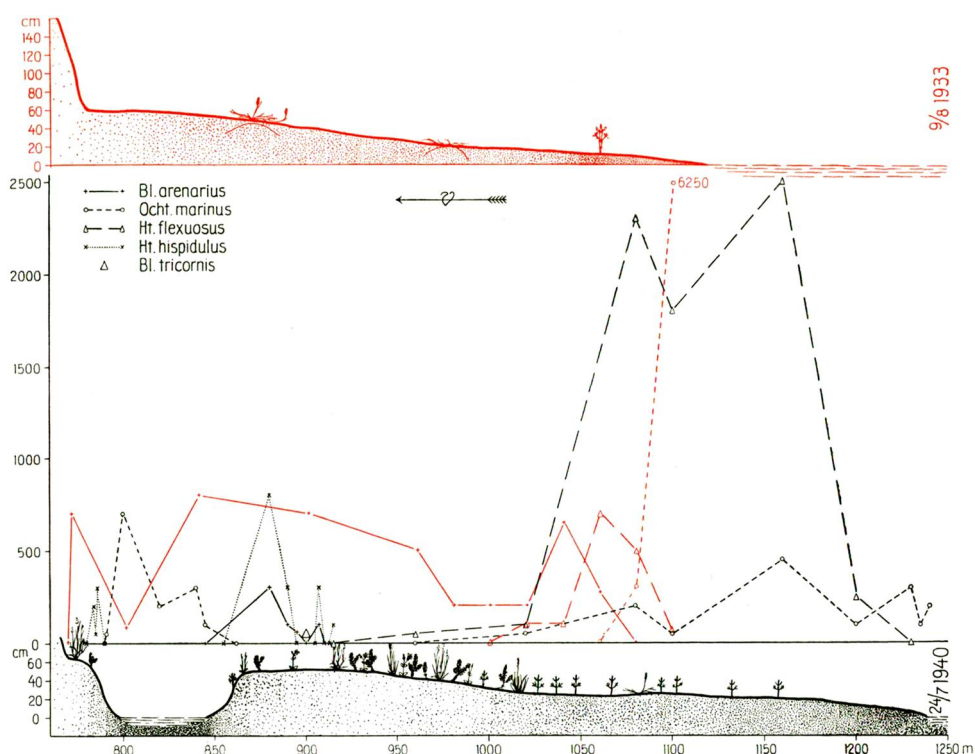


Рисунок 14 – Дания (Скаллинген). Уровень грунтовых вод поднялся ближе к поверхности, и содержание воды в песке намного увеличилось. Рост содержания воды в почве вызвал нашествие жуков вида *Diglossa mersa* (Haliday, 1837), которых раньше здесь не было.

Выводы

За прошедшее столетие со времени публикации работы Клементса [Clements, 1905] об экотонах, несмотря на достигнутые успехи в изучении пограничных территорий смежных систем и экотонных, многие теоретические и прикладные вопросы не имеют обоснованного и общепризнанного решения.

Ряд актуальных задач изучения мировой сети экотонных территорий требующих решения: 1) границы, районирование и картографирование водно-наземных экотонных (экотон «вода-суша»); 2) прогнозирование изменений в состоянии экотонных систем; 3) разработка научных основ мониторинга и управления экотонными системами [Залетаев Мироява ..., 1997].

В настоящей работе предлагается решение этих вопросов и отмечается, что представления о структура водно-наземного экотона нуждаются в дальнейшей теоретической и практической проработке. Разрабатываются современные подходы и методы для определения поясов

влияния крупных равнинных водохранилищ на экотонную систему побережья, на основе комплексного анализа экологических условий прибрежных территорий: биотических и абиотических факторов. Разрабатывается проект электронной карты прибрежной территории на основе спутниковых данных – данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Глава 2

2. Методические основы выделения системы переходных ландшафтов «вода-суша» для внутренних водоёмов. Материалы и методы

Рассматривается теоретическая блоковая структура переходных ландшафтов побережья на примере структуры экотона, описание их как особой пограничной структуры.

Исследовались биокомплексы переходных ландшафтов побережья крупных равнинных водохранилищ различных биогеографических зон. Принципиальной структурой для экотона «вода-суша» принималось выделение 5 блоков [Залетаев, 1997]. В предлагаемой схеме, на основании различий биологических группировок, их состава и характера динамики выделяются 5 структурных блоков: 4 наземных и 1 водный (обозначения автора).

1) Блок – центральный – амфибиальный, с инстантной (немедленной) динамикой биокомплексов: 1CS Vaph-id.

2) Структурный блок на суше с флуктуационной динамикой: 2SB-fd.

3) Блок с дистантной (запаздывающей) динамикой, обусловленной изменениями режима грунтовых вод: 3SB-dgwd:

4) Маргинальный блок с дистантной динамикой, определяемой изменениями биоценологических цепей под влиянием процессов в биоте как в пойме реки, так и на водосборе: 4SB-dbcd;

5) Аквальный блок с дистантной динамикой водных биокомплексов, определяемой процессами взаимодействия с амфибиальным биокомплексом, выносом веществ с суши и распространением загрязнителей водным путем: 5AqSB-dpd.

В целом, придерживаясь приведённой выше теоретической схемы переходной зоны, в дальнейшем будем использовать расширенную и видоизменённую трактовку исходной схемы, проиллюстрированную на трансформированном спутниковом снимке – Рисунок 15.

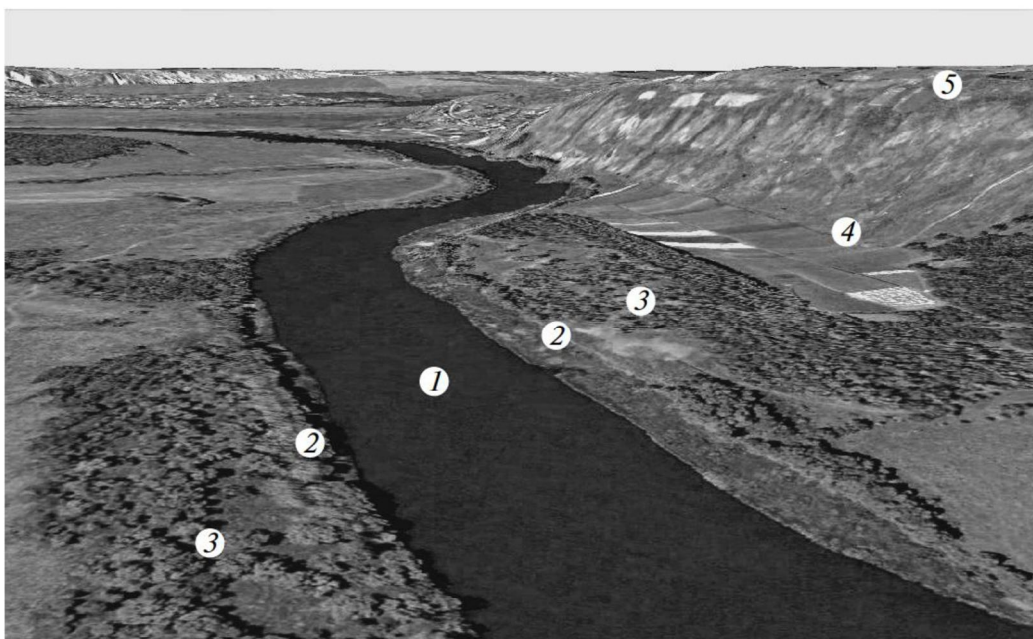


Рисунок 15 – Структура блоков переходной зоны «вода-суша» речной долины: 1 – аквальный, 2 – флуктуационный (амфибиальный), 3 – динамический, 4– дистантный, 5– маргинальный (на примере поймы р. Дон – спутниковый снимок в Google Планета Земля). [Кутузов, 2011] с изменениями.

Для выделения теоретических блоков – внутренних границ – конкретного вида экотона «вода-суша» для равнинных водохранилищ нами был разработан ряд универсальных критериев по пространственному выражению границ ландшафтов побережий. Расположение блоков экотона «вода-суша», динамика их границ зависят от уровня режима соответствующего водохранилища на рассматриваемом участке побережья.

Принятые в работе термины и понятия по водохранилищам

В источниках из различных сфер, связанных с изучением, использованием, проектированием и строительством водохранилищ, встречаются близкие, устаревшие или аналогичные понятия, названия и аббревиатуры. В данной работе используются технические термины (в соответствии с «ГОСТ 19185-73 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения») и связанные с ними экологически значимые понятия.

Территория гидросооружения выше плотины называется верхним бьёфом водохранилища, ниже плотины – нижним бьёфом. Процесс отдачи накопленной водохранилищем воды называется сработкой водохранилища [Авакян, 1987]. Высший проектный уровень водохранилища – нормальный подпорный уровень (НПУ). На эти значения ориентируются при проектировании гидроузла, размещении инфраструктуры и социальных объектов, населённых пунктов. Схема водохранилища и основные понятия: (Рисунок 16).

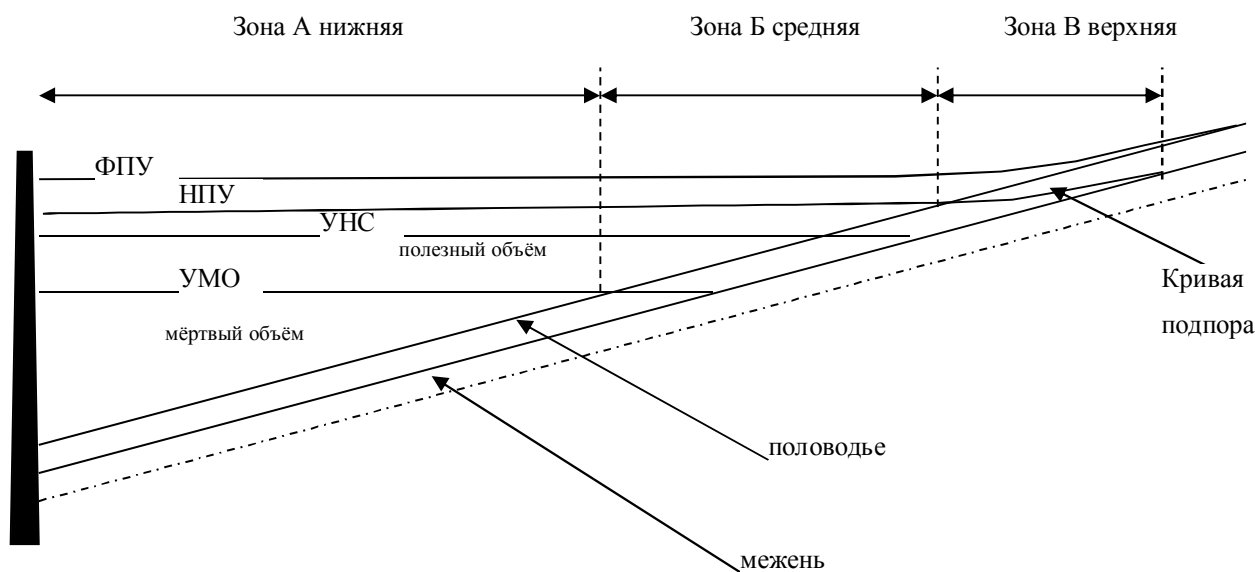


Рисунок 16 – Структура и основные гидрологические понятия для водохранилищ. нормальный подпорный уровень (НПУ), уровень мёртвого объёма (УМО), форсированный подпорный уровень (ФПУ), уровень навигационной сработки (УНС) [Авакян, 1987].

Для водохранилища минимальный уровень, до которого допустима его сработка – уровень мёртвого объёма (УМО). Объём воды ниже этого уровня не используется при эксплуатации гидроузла. Уровень водохранилищ, используемых для водного транспорта, поддерживается на высоте называемой уровнем навигационной сработки (УНС). При прохождении экстремальных половодий уровень воды в верхнем бьефе может быть временно повышен до форсированного подпорного уровня (ФПУ).

На рисунке – Рисунок 16 показаны также уровни речных вод до зарегулирования их стока плотиной водохранилища. Межень – уровень низкой воды в реке (обычно в конце лета) и половодье – максимальные значения уровня во время паводков (обычно в конце весны). По мере удаления вверх по течению от плотины, уровень воды постепенно повышается, плавно поднимая зеркало вод на десятки (и даже сотни)сантиметров, в паводки –кривая подпора.

Уровень водохранилища закономерно меняется по сезонам – годичный цикл (внутригодовой цикл), выделяют также и многолетние циклы «высокой и низкой воды» и рассчитывают усреднённые данные – средний многолетний ход уровня воды – Рисунок 17.

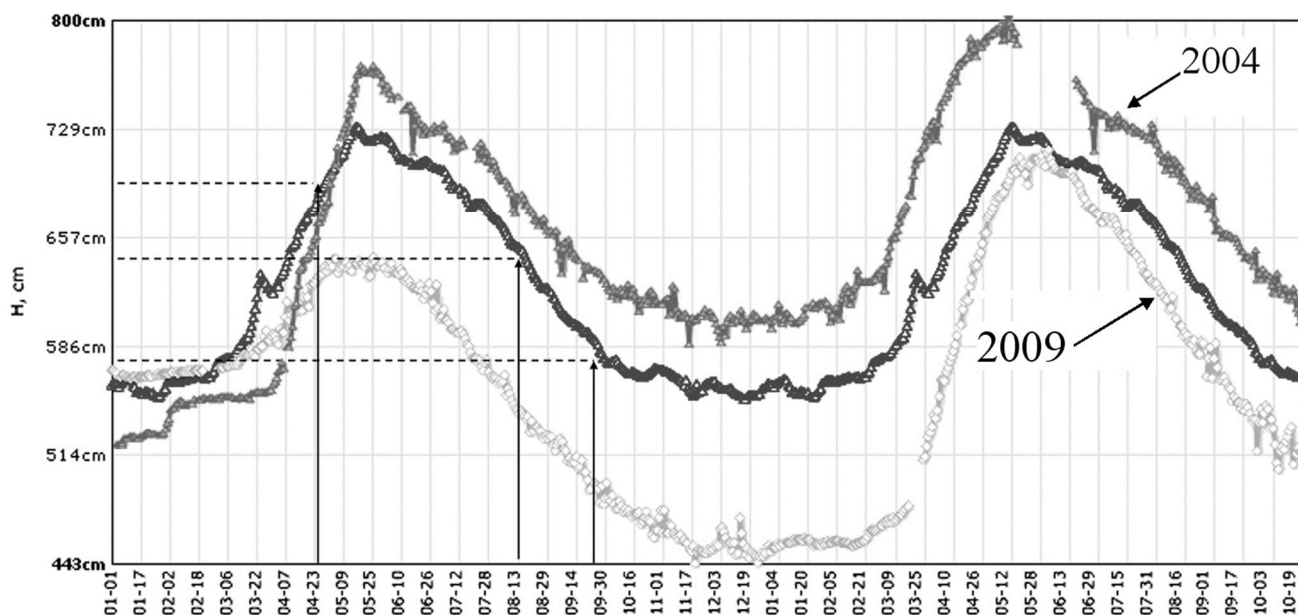


Рисунок 17 – Средний многолетний ход уровня воды для поста «Цимлянский» и суточный график уровня для лет с высоким и низким уровнем водохранилища. Нуль поста: 28.00 м. (H, см – уровень воды в см. Вертикальные стрелки (слева – направо) – максимумы уровня на период интенсивной вегетации: начало и конец вегетации в степи, окончание – на пойме.)

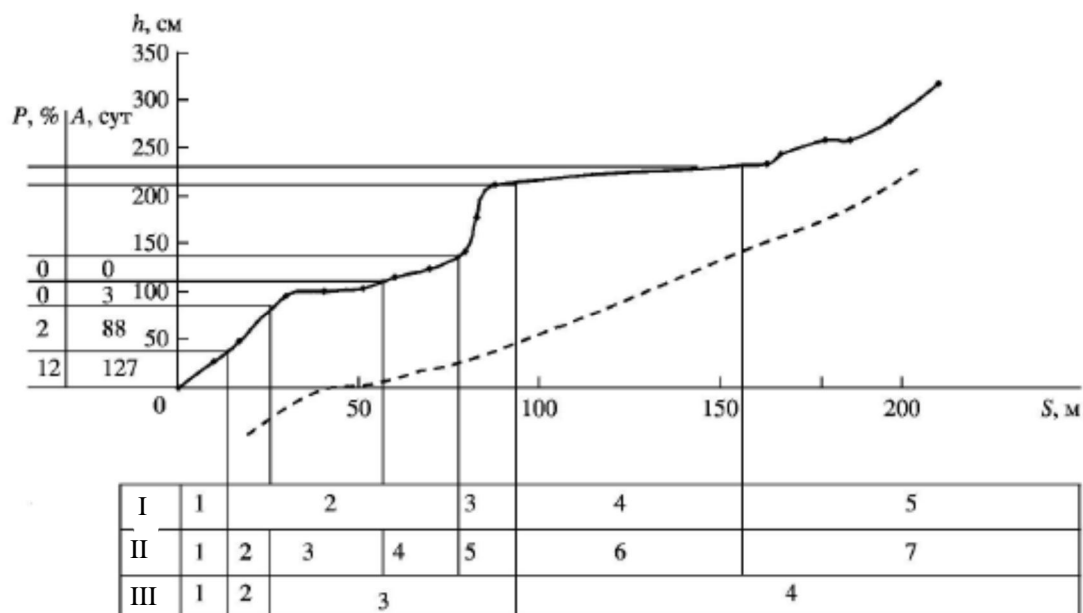
Такие колебания уровня вод приводят к периодическому обмелению и осушению ранее затопленных участков побережья. Растительность и животные наиболее чутко реагируют на изменение среды под влиянием водного фактора, но именно фитокомплексы отражают типичные сезонные стояния уровня водохранилища. Древесно-кустарниковая растительность побережья развивается, как правило, вблизи уровня НПУ и выше, макрофиты прибрежной зоны, часто располагаются в пределах УНС водохранилища, на защищенных мелководьях [Поддубный и др., 2017]. На участках побережья со сходными абиотическими условиями формируются определенные типы элементарных природно-территориальных комплексов (ПТК), которые достаточно хорошо индицируются растительными сообществами по характеру реакции последних на изменения водной среды [Балюк, 2007]. Наибольшее влияние на состояние растительности побережья водохранилищем оказывается в период высокой биологической активности, особенно в период вегетации (фотосинтетической активности).

2.1. Контактные методы (картографические, ландшафтные полевые исследования)

Основные методы пространственного выделения ЛВС – традиционно – экологические исследования на побережье. Самые распространённые – геоботанические и фитоценологические методы. Значительно реже проводят почвенные исследования, с бурением скважин и определением уровня грунтовых вод (УГВ). Ещё реже и изучается фауна побережий при определении блоков ЛВС.

По картографическим данным (гипсометрическим) крупного масштаба от 1:50000 и крупнее (при их наличии), можно предположительно выделять переходные зоны и даже крупные блоки ЛВС. В лесной природной зоне можно привлекать существующие лесотаксационные карты для: заповедников и прочих особо охраняемых природных территорий (ООПТ); лесных хозяйств и других землепользователей могут быть основой для дешифрирования блоков ЛВС; а в степной и пустынной природной зоне – фитоценологические карты.

Ведущий подход в наших полевых исследованиях представляет собой расширенный и усовершенствованный метод «топо-экологического профилирования», сбора данных разных типов: экологические (геоморфологические, почвенно-геоботанические, микроклиматические флористические, ландшафтно-географические, зоологические) исследования (Рисунок 18, Рисунок 19, Рисунок 20). Параллельно с этим, производится географическая привязка всех точек исследований и фотографий (ландшафтов, фитоценозов, отдельных растений и животных) – смотреть: Рисунок 20, Таблица 1. Такой усовершенствованный подход к накоплению полевых данных на побережье и прибрежных вод мы называем «комплексное топо-экологическое профилирование». Комплекс таких данных, взаимоувязанных в пространстве и времени, позволяет создать единую географическую информационную систему (ГИС), включающую базу данных (БД) по всем полевым наблюдениям на ключевых участках [Балюк, Кутузов, 2007]. Характеристики выбранных ключевых участков, служат базой для научно обоснованной экстраполяции получаемых результатов исследований на однотипные территории (зонирование, типологизация и классификация) побережья.



I. Элементы рельефа: 1 пляж, 2 прирусловой вал, 3 бровка надпойменной террасы, 4 надпойменная терраса, 5 плакор. II. Растительность : 1 -ветловый пойменный лес, 2 ситняговое сообщество, 3 мятликово-вейниковый луг с разнотравьем , 4 мятликово-овсянищевое сообщество с разнотравьем, 5 разнотравно-овсянищевое, 6 овсянищевое-житняковое с подмаренником русским, 7 сочетание разнотравно-мятликового и овсянищевое-житнякового сообществ. III. Почвы песчаные: 1,5 светло-серые слабопрогумусированные; 2-3 оглеенные; 4 темно-серые с признаками смены ОВП.

Пунктир – уровень грунтовых вод. P, % - обеспеченность уровня, A, сут. - продолжительность заливания.

Рисунок 18 – Профиль на границе Природного парка «Цимлянские пески», от УВ в заливе.

В ходе исследований на Цимлянском водохранилище, цимлянские профили (ЦП) прокладывались от уреза воды и вверх по склону с помощью нивелировочного хода: либо до коренной растительности – ковыльно-типчаковые степи (*Festuca valesiaca-Stipa sp.*), либо до агроугодий – пашни. На профиле прокладывалась трансекта, на которой отмечались изменения в рельефе и растительности. В каждом растительном контуре закладывались геоботанические площадки с полным описанием, почвенным разрезом или бурением до грунтовых вод. Координаты точки описания фиксировались с помощью прибора спутникового географического позиционирования (GPS/GLONASS-приемника). Одновременно проводилось фотографирование панорамы и типичных элементов ландшафта, а также почвенных разрезов и отбираемых образцов почв. Для определения солевых характеристик, окислительно-

восстановительного потенциала (ОВП) почв и грунтовых вод отбирались соответствующие образцы.

Высотное положение «нуля» профиля определялось по положению уровня воды в водохранилище у плотины на день заложения профиля с поправкой на расстояние от плотины (пункт наблюдения). Все места исследований отражены в виде точек с географическими координатами. Эта система данных была совмещена с материалами дистанционного зондирования (Рисунок 19, Рисунок 20) и электронных версий топографических карт. На этой основе в картографических программах QGIS и ArcMap созданы версии ГИС для данной территории.

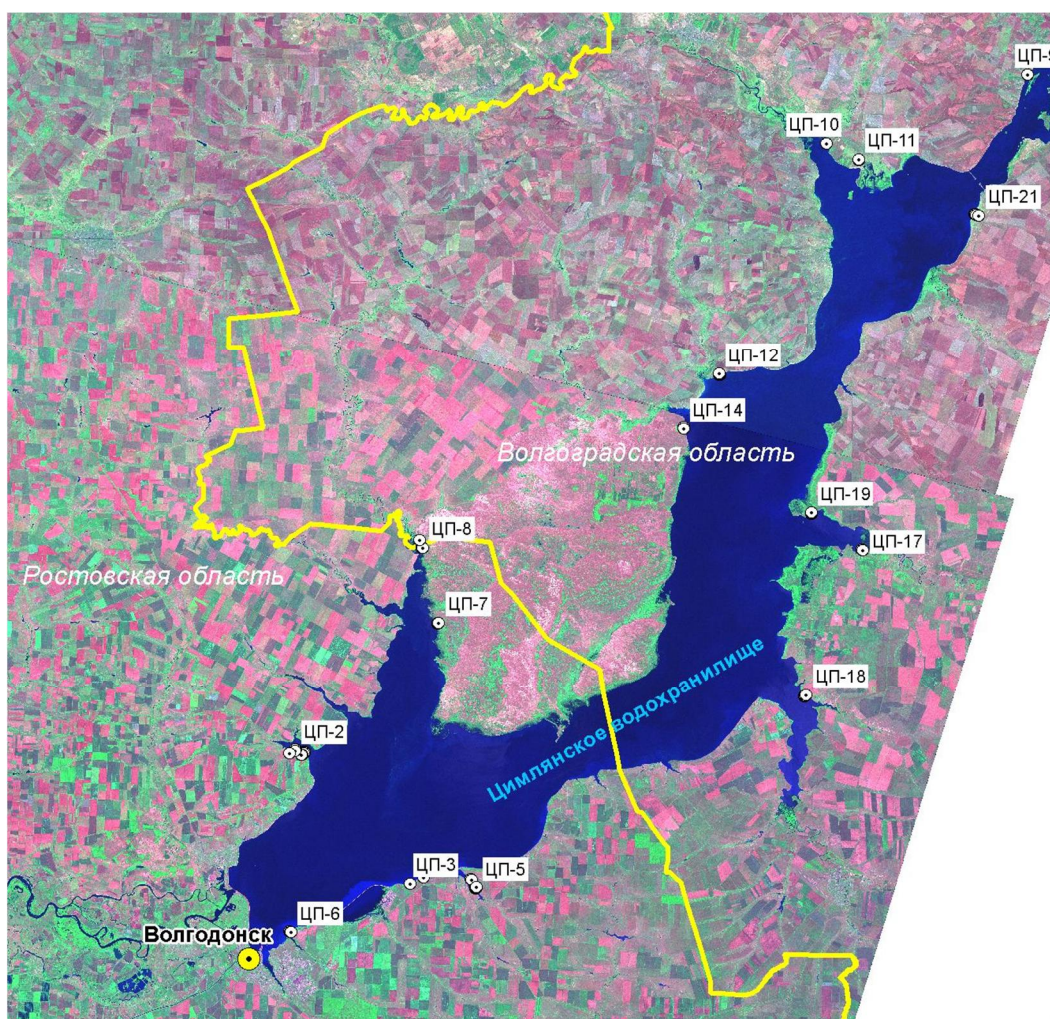
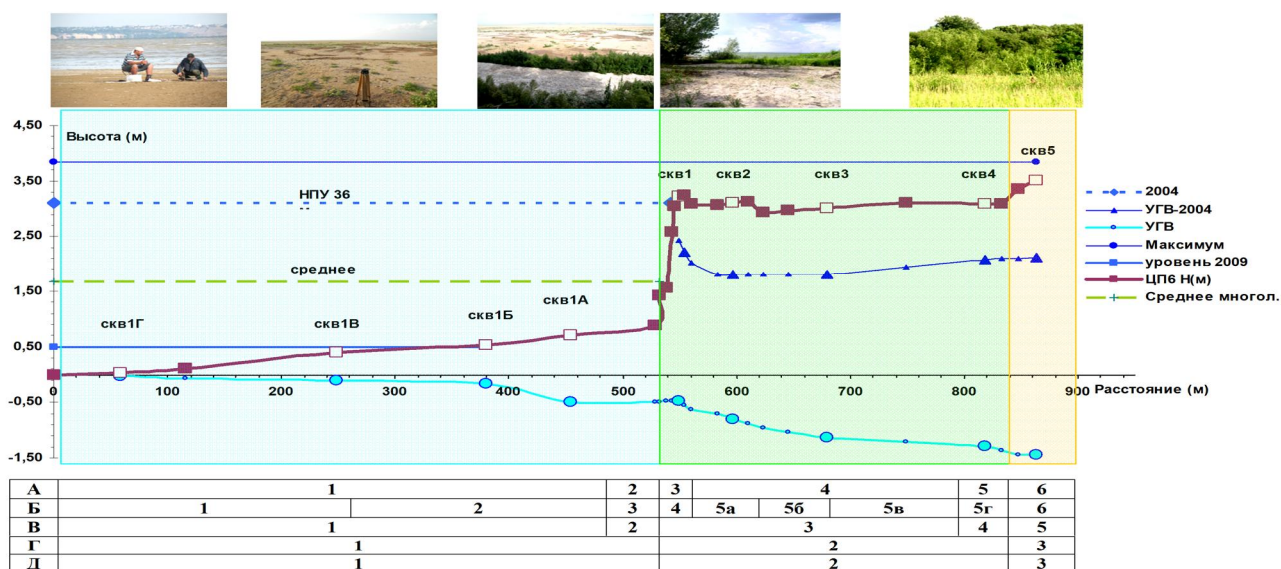


Рисунок 19 – Расположение слоя данных – ряд цимлянских профилей (ЦП) на спутниковом снимке ГИС-проекта «Цимлянское водохранилище». Номера 1-21 отмечены точки заложения топо-экологических профилей многолетних наблюдений.

Дополнены рядом других слоёв данных из БД ГИС по водохранилищу.

При обработке данных вычерчивались профили и к ним, в соответствии с расположением точек, прилагались развернутые легенды, отражающие состояние всех изученных компонентов. Для растительности указывалось название растительного сообщества, общее проективное покрытие, количество видов. Для почв название, средневзвешенное содержание солей в горизонте 0-1 м, химизм, максимальное содержание солей в почвенном профиле и горизонт, к которому оно приурочено, окислительно-восстановительный потенциал почвы (ОВП). Для грунтовых вод глубина залегания, минерализация, химизм. Полученные материалы составляют информационную основу БД для ГИС-проекта «Акватерра» (Рисунок 19, Рисунок 20, Рисунок 21, Рисунок 22 и Таблица 1; Приложения: Таблица 30, Таблица 31 и Рисунок 59 – Рисунок 69). Уровень воды (0 профиля) привязан к балтийской системе (БС) высот.



Ландшафт 239 б. ЦП 6. Город Волгодонск, дачи. (0 профиля - 32,5м абс. БС) 23.08.2011.
 Профиль заложен 20.07.04, луг низкого уровня за дачным массивом города Волгодонска.
А. Элементы рельефа: 1 – дно водохранилища в зоне сработки, 2 – вал на обсохшем дне, 3 – береговой вал, 4 – пойменная терраса, 5 – притеррасное понижение, 6 – надпойменная терраса.
Б. Растительность: 1 – без растительности, 2 – проенок ивово-тополёвый, 3 – бурьянистые однолетники, доминант - марь красная, 4 – тростниково-лапчатниково-ивово-тополёвое сообщество, 5 – парковый осокорник: 5а – веениковый, 5б – веениково-солодковый, 5в – тростниково-веениковый, 5г – с бодяком; 6 – вязовник разнотравно-злаковый (лесополоса).
В. Почвы: 1 – смытые почвы, 2 – валы из ракушечника, 3 – Каштановая остаточно-луговая карбонатная, намытая среднесуглинистая на желто-бурой глине, 4 – Каштановая остаточно-луговая карбонатная, среднесуглинистая на желто-буром суглинке, 5 – Каштановая остаточно-луговая карбонатная, среднесуглинистая на желто-буром суглинке.
Г. Характер увлажнения: 1 – длительное заливание, 2 – заливной (паводковое заливание), 3 – почвенно-грунтовый.
Д. Блоки экотона: 1 – флуктуационный, 2 – динамический, 3 – дистантный.

Рисунок 20 – Схема и основные данные комплексного экологического обследования побережья – комплексное топо-экологическое профилирование. Цимлянское водохранилище, восточнее г. Волгодонск. [Кутузов, 2013].

Такие развернутые легенды позволяют рассмотреть участок побережья как единую систему взаимодействия водоема и прилегающей суши, то есть систему переходных зон ландшафта «вода-суша» (Рисунок 20, Рисунок 21).

Растительные сообщества прибрежных ландшафтов – индикаторы истории развития биогеоценозов побережий, под влиянием водного фактора и отражает его настоящее состояние.

На участках побережья со сходными абиотическими условиями нами выделялись определенные типы элементарных природно-территориальных комплексов (ПТК), которые достаточно хорошо индизировались растительными сообществами по характеру реакции последних на изменения водной среды. Изучались модельные участки, в центре каждого растительного контура, отражающие все ландшафтное разнообразие территории (Рисунок 20, Рисунок 23): элементы рельефа (пляж, прирусловой вал, бровка надпойменной террасы, надпойменная терраса, плакор); растительность лесных, луговых и разнотравных сообществ.

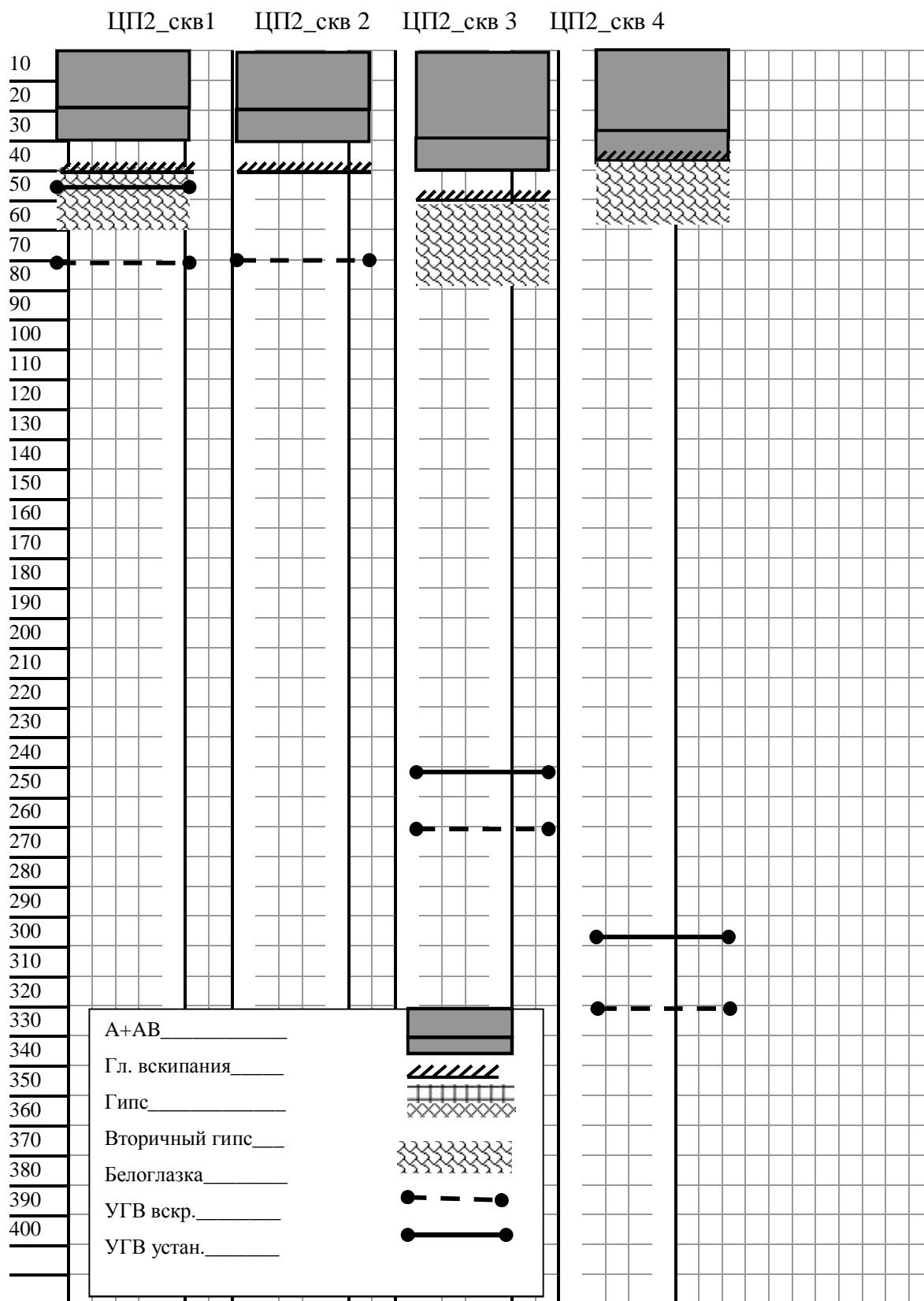
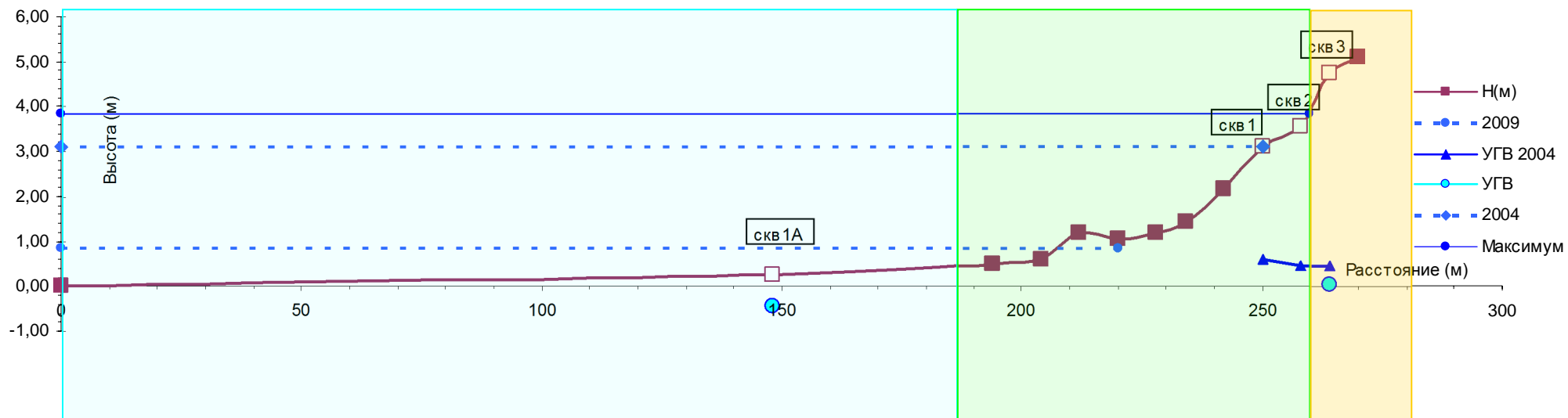


Рисунок 21 – Пример почвенных данных. Данные по почвенному профилю на скважинах (сква) профиля №2 (ЦП2). Числа слева – глубина профиля в см от поверхности.

Таблица 1. Фрагмент рабочей таблицы по профилю № 12. Пос. Водяновский, в 1км на восток. (0 профиля: 32,6м БС) 16.08.2011.

N	Сев.широта	Вос.долгота	Дата	Привязка	Геоботаническая хар-ка и номер описания фитоценоза	S, м	H, м	УГВ- 11	УГВ- 04
				ЦП12		- 148	- 1,71		
9	48.218763	42.914191	16-AUG-11 05:25	урез вод	1 – без растительности	0	0		
10	48.219160	42.913778	16-AUG-11 05:39	скв1А	2 – проценоз тополёвый	148	0,26	-0,44	
8	48.219370	42.913440	16-AUG-11 04:57		3 – бурьянистые однолетники	194	0,49		
11	48.219552	42.913461	16-AUG-11 05:54		3 – бурьянистые однолетники	204	0,59		
12	48.219600	42.913365	16-AUG-11 06:00		4 – возобновление тополя и бурьянистые однолетники	212	1,2		
13	48.219616	42.913333	16-AUG-11 06:00		4 – возобновление тополя и бурьянистые однолетники	220	1,06		
14	48.219675	42.913252	16-AUG-11 06:08		4 – возобновление тополя и бурьянистые однолетники	228	1,2		
15	48.219681	42.913225	16-AUG-11 06:26		5 – тростниково-чёрнотополёвое сообщество	234	1,43		

16	48.219482	42.913038	16-AUG-11 06:29		5 – тростниково-чёрнотопольное сообщество	242	2,18		
17	48.219831	42.913113	16-AUG-11 06:38	скв1	6 – вейниково-чёрнотопольное сообщество	250	3,1		0,6
18	48.219890	42.913113	16-AUG-11 06:38	скв2	7 – пырейно-чёрнотопольное сообщество	258	3,57		0,47
19	48.219954	42.913059	16-AUG-11 06:46	скв3	8 – длиннолистномятликово-чёрнотопольное сообщество	264	4,75	0,03	0,45
20	48.220024	42.913005	16-AUG-11 06:49		8 – длиннолистномятликово-чёрнотопольное сообщество	270	5,1		



А	1			2	3	4	5	
Б	1	2	3	4	5	6	7	8
В	1					2	3	
Г	1			2			3	
Д	1			2			3	

Ландшафт 255ч. Профиль заложен 19.06.2006.

А. Элементы рельефа: 1 – дно водохранилища в зоне сработки, 2 – береговой вал, 3 – пойменная терраса, 4 – склон, 5 – надпойменная терраса.

Б. Растительность: 1 – без растительности, 2 – проценоз тополёвый, 3 – бурьянистые однолетники, 4 – возобновление тополя и бурьянистые однолетники, 5 – тростниково-чёрнотополёвое сообщество, 6 – вейниково-чёрнотополёвое сообщество, 7 – пырейно-чёрнотополёвое сообщество, 8 – длиннолистномятликово-чёрнотополёвое сообщество.

В. Почвы: 1 – смытые почвы, 2 – прогумуссированная песчанистая почва, 3 – среднemocная тёмно-каштановая почва.

Г. Характер увлажнения: 1 – длительное стояние вод, 2 – кратковременное заливание, 3 – увлажнение за счёт грунтовых вод.

Рисунок 22 – Профиль № 12. Пос. Водяновский, в 1км на восток. (0 профиля – 32,6м БС) 16.08.2011.

Под зоной гидрогенного влияния водохранилища, в нашем исследовании, понимается территория побережий, находящаяся под его прямым или косвенным воздействием. К прямому влиянию водохранилища отнесены, прежде всего, процессы и явления, связанные с волноприбойной деятельностью водных масс, периодическим затоплением или осушением прибрежной полосы при сработке вод водохранилища. К косвенному (опосредованному) влиянию были отнесены, в основном, процессы и явления связанные: с подтоплением земель, подпором водоносных горизонтов подземных вод, а также изменения микроклиматических параметров и характера использования земель.

О корреляции данных по уровню грунтовых вод и уровню Рыбинского водохранилища с учётом влияния метеорологических условий

При установлении корреляций уровня грунтовых вод (УГВ) на побережье и уровня водохранилища (УВДХ) необходимо учитывать влияние осадков (дождя) в период сбора данных по УГВ. Методика сбора данных по УГВ¹ на гидрологических профилях (Приложение Рисунок 72) предполагает использование замеров 1 раз в декаду. Выпадение значительных осадков в период от нескольких суток до нескольких часов перед измерением глубины зеркала грунтовых вод обычно приводит к кратковременным, но значительным колебаниям УГВ (по наблюдениям Писанова В.С.²). Автором этих наблюдений проанализированы данные (по этим 3 параметрам: уровни грунтовых вод и водохранилища, наличие осадков) за разные годы. Показано, что в засушливые годы (снято влияние осадков) измеренные УГВ и УВДХ изменяются синфазно, что подтверждает и наш анализ данных (Приложение Рисунок 72, Рисунок 73) – это хорошо заметно для прибрежных участков. Во влажные годы такая связь практически не выявляется, напротив: измеренные данные по УГВ хорошо коррелируют с данными по дождевым осадкам и не имеют заметной связи с УВДХ.

Следовательно, корректные данные о связи УГВ с УВДХ можно получить стандартными измерениями только с учётом времени окончания значительных дождевых осадков. При этом нужно учитывать, как скорость просачивания воды зависит от типа грунта (коэффициент фильтрации – Приложение – Таблица 34). Поднятие грунтовых вод (высота и скорость) зависит от размеров частиц и диаметра пор почвы – чем больше высота, тем ниже скорость поднятия УГВ, то есть характеризуются обратной зависимостью. Максимальная высота поднятия воды над уровнем грунтовых вод для песчаных почв составляет 0,5–0,8 м, для средних суглинистых почв – 2,5 – 3 м, для глины тяжелой – до 6 м. В структурных почвах капиллярная вода менее подвижна [Марчик, 2006].

¹ Используется в Дарвинском заповеднике (Рыбинское водохранилище).

² Анализ данных по УГВ и УВДХ имеется в отчёте Писанова В.С. за 1999г и, частично, в «Летописи природы» ДГПЗ.

2.2. Дистанционные методы (аэрофотосъёмка и космические снимки)

Современные высокотехнологичные методы бесконтактных (дистанционных) исследований включают в себя: аэрофотосъёмку (в том числе, БПЛА – беспилотные летательные аппараты, например: квадрокоптеры); спутниковые снимки (ДЗЗ) в различных оптических диапазонах; а также радарные снимки и лазерное сканирование. Эти методы во многом дополняют традиционные полевые (контактные) исследования и могут частично заменять последние, позволяя автоматизировать мониторинг и сконцентрировать усилия специалистов по сбору контактных данных лишь на ключевых (контрольных) точках исследований.

Особенности использования данных ДЗЗ.

1. Спутниковые снимки (данные ДЗЗ, космоснимки) отличаются регулярностью и высокой частотой обновления (актуальностью), в ряде случаев, до нескольких раз в сутки, что позволяет их использовать для непрерывного мониторинга территории.

2. Вторая отличительная особенность спутниковой съёмки (ДЗЗ) – одномоментный охват обширной территории (более 10000 км², среднее пространственное разрешение: 10-100 м/пиксель). Оптические дистанционные методы могут быть использованы в наземных условиях (мультиспектральная съёмка, лазерное сканирование), но в очень ограниченном масштабе.

3. Сравнительно невысокое пространственное разрешение снимков высокой актуальности (ежедневные): 100-1000 м/пиксель и более.

Для современной аэрофотосъёмки активно используются БПЛА, что упрощает регулярную съёмку. Особенности аэрофотографии (в сравнении с космоснимками):

- 1) высокая разрешающая способность,
- 2) малая зависимость от облачности, работают ниже облаков,
- 3) но зависят от ветра и других препятствий для полёта (птицы, ЛЭП и прочие).

Поэтому возможность их комбинировать резко повышает эффективность дистанционных методов.

Публикации исследований в области применимости ДЗЗ для оценки возможности управления водными ресурсами региона и определения водосборного бассейна представлены достаточно широко [Prafull, 2014; Tundisi, 2003; Hiranya, 2014; Pang, 2011]. Использование ДЗЗ в экологических исследованиях и мониторинге водоёмов и прилегающих территорий, описано в ряде работ [Gorokhova, 2012; Havens, 2005; Zolnikov, 2016].

Большинство публикаций в области применения ДЗЗ, с целью морфометрии крупных водохранилищ, связаны с исследованием водосборных бассейнов [Jahan, 2018; Kusre, 2016; Munir, 2016].

Наиболее близкая тематика исследований и сходные подходы к исследованию прибрежной и аквальной зон встречаются в работах по применению спутниковых данных для батиметрии водохранилищ Греции и Египта [Tsolakidis, 2019; Negm, 2016].

Процедура выбора снимков для выделения контрастных элементов в ландшафтах побережья

На протяжении полевых работ использовалось географическое позиционирование приборами спутниковой навигации (GPS/GLONASS), спутниковые снимки, топографические карты с координатной привязкой в ГИС, программное обеспечение для ГИС и соответствующее оборудование, что позволяло точно ориентироваться на местности при выборе контрольных точек для исследований и сбора данных.

Процедура выбора снимков для выделения контрастных элементов переходных зон ландшафта: «вода-суша» и переходная граница, предполагает определение их наибольшего спектрального контраста на анализируемом растровом рисунке (Рисунок 23; Приложения – Таблица 23 – Таблица 27, Рисунок 55).

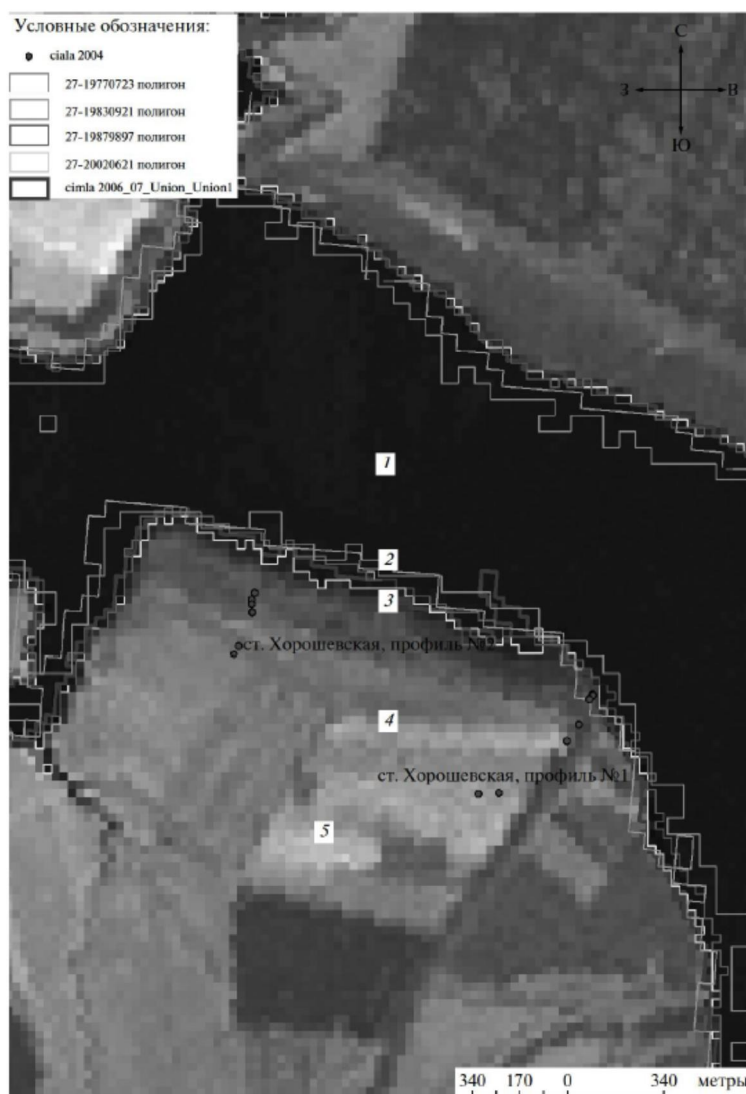


Рисунок 23 – Изменение береговой линии на 1 из ключевых участков побережья Цимлянского водохранилища. Подложка – снимок Landsat (2007 г.), белыми линиями в акватории – контуры суши для контрастных уровней сработки. Номерами – ЛВС, по материалам полевых исследований.

Водные поверхности обладают высокой поглощающей способностью (низкой спектральной яркостью отражения), особенно в длинноволновой части электромагнитного спектра (1,43 мкм и 1,93 мкм), в то время как для растительного покрова в ближнем инфракрасном диапазоне – максимум спектральной яркости (Рисунок 24). По материалам Европейского космического агентства (ЕКА, англ. ESA).

Влажные почвы выглядят значительно темнее сухих, что связано, в том числе со спектром поглощения воды. Это хорошо видно по минимумам графиков влажных почв и растительности в зонах: 1,4 мкм и 1,9 мкм [Кронберг, 1988].

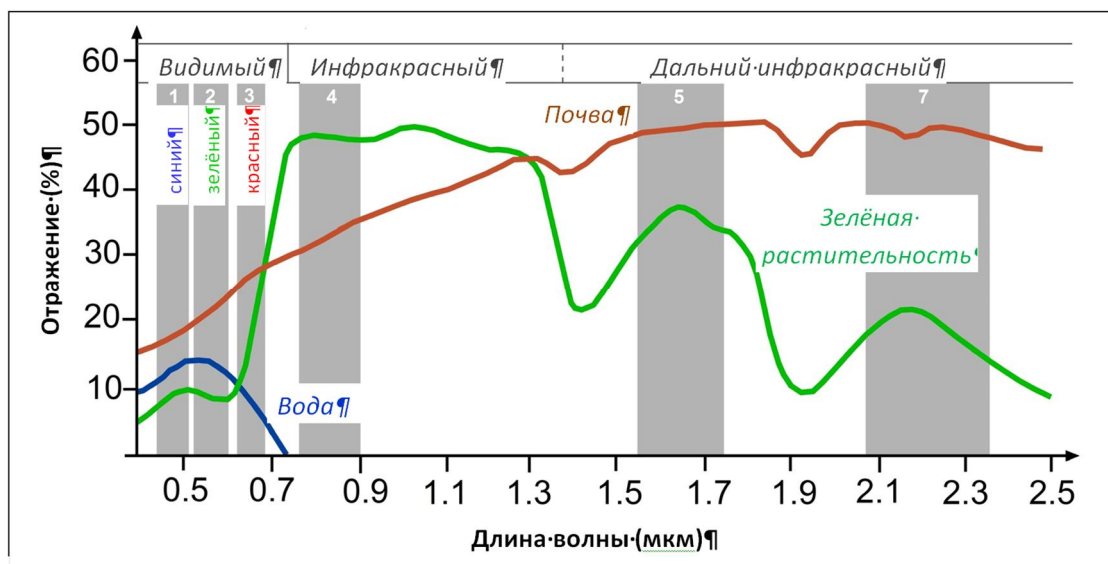


Рисунок 24 – Отражение воды, почвы и растительности на разных длинах волн и каналах TM Landsat 1 (0,45-0,52 мкм), 2 (0,52-0,60 мкм), 3 (0,63-0,69 мкм), 4 (0,76-0,90 мкм), 5 (1,55-1,75 мкм) и 7 (2,08-2,35 мкм). Обратите внимание, что интенсивность сигнала, измеряемая в одном канале, является средними значениями. Сильное восхождение кривой растительности в Канале 3, например, дает среднее значение по склону. (<http://www.seos-project.eu/modules/classification/classification-c01-p05.html>).

На этих контрастах в отражении волн определённой длины волны строится анализ снимков, выделение интересующих объектов.

Спектры отражения природных объектов представлены в базе данных по спектрам природных объектов. Например, тип – растительность/грунт; подтип – деревья; зона –

тундры. (<http://gis-lab.info/projects/spectra/>). База спектров составлена по многочисленным литературным источникам путём оцифровки графиков КСЯ (коэффициентов спектральной яркости), график по интересующим нас объектам построен на основе этих данных – Рисунок 25. Широкий выбор природных объектов доступен как в графическом виде, так и в форме исходных данные в фундаментальном труде Е.Л. Кринова [Кринов, 1947]. Другие спектральные библиотеки, в том числе организованных как банк данных пользователей (вики-принцип):

1. ASTER Spectral Library
2. USGS Digital Spectral Library 06
3. Vegetation Spectral Library

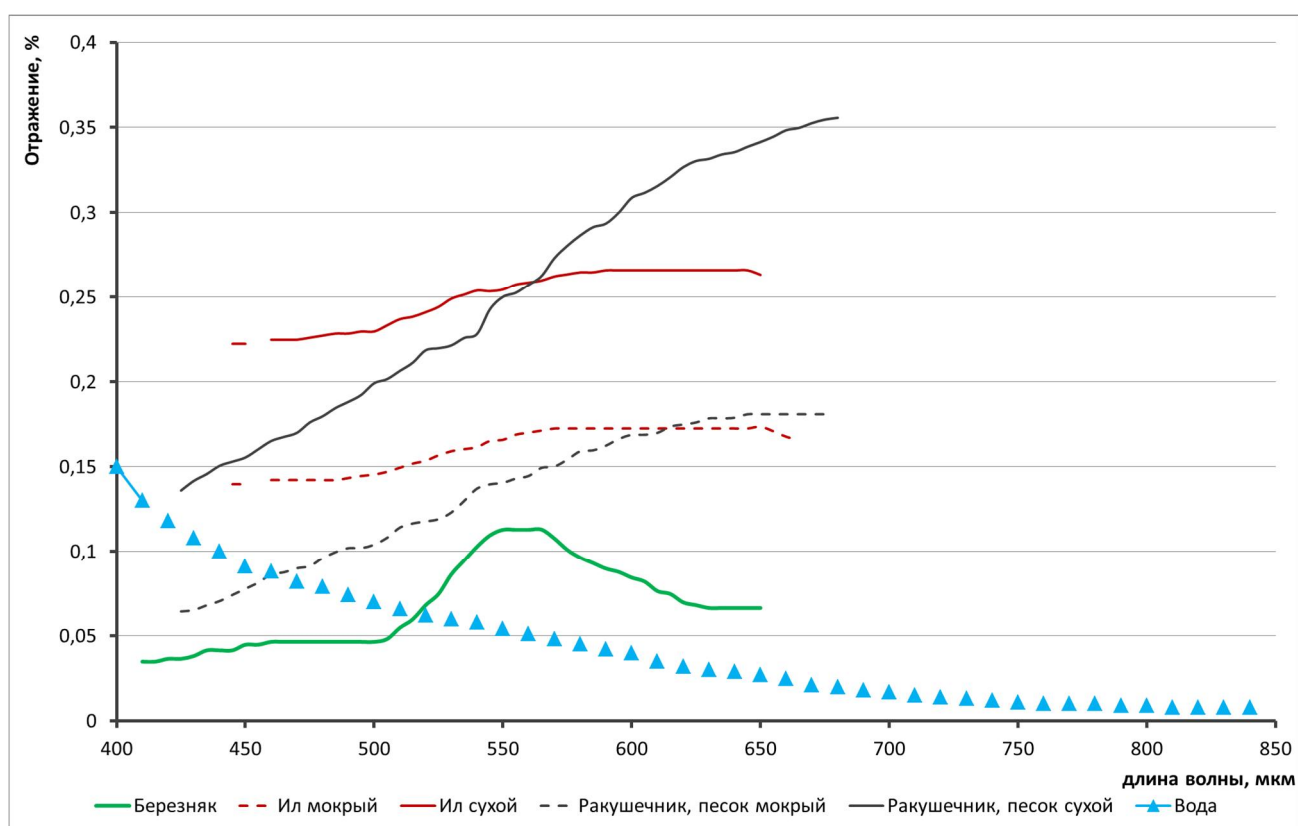


Рисунок 25 – Отражательная способность природных объектов. Графики построены по данным указанных спектральных библиотек.

Для наземных участков ЛВС часто используют «растительный» вегетационный индекс – NDVI и комбинацию различных спектральных каналов (Приложения Таблица 23, Рисунок – 56. Соотношение спектральной яркости для воды и зелёных растений при разной длине световых волн видимой части электромагнитного спектра. По горизонтали – длина волн (нм), по вертикали – доля отражённого света.). Для мониторинга растительности больших территорий (от 100 км²) удобно использовать спутниковые данные низкого разрешения. Для качественной и количественной характеристики развития растительности водных

макрофитов в мелководьях аквального блока переходного ландшафта, достаточно результативно использовать простую оценку соотношения спектральных данных: «цветовой индекс». Индекс цвета предложено было использовать в работах посвящённых морским и океаническим водам [Ерлов, 1980; Буканова, 2011]. Так ДЗЗ, полученные со спутников Aqua и Terra, аппаратура MODIS, мы обрабатывали на основе оценки «цветового индекса»: отношения λ_1/λ_2 сигналов для длин волн $\lambda_1 = 0,440 - 0,490$ мкм и $\lambda_2 = 0,540 - 0,560$ мкм. Это связано с тем, что первый диапазон соответствует максимуму показателя поглощения хлорофиллом, второй его минимуму. Также хлорофилл-А поглощает излучение в красной (около 0,675 мкм) зоне спектра. Были выбраны отношения В10/В12 (и близкие В9/В11) каналов, радиометра MODIS, соответствующие спектральным диапазонам В10= 0,483 – 0,493 мкм и В12= 0,546 – 0,556 мкм (Таблица 2).

Для определения границ ЛВС использовались мультиспектральные спутниковые данные среднего разрешения, полученные спутником Landsat-8. В расчете использовались данные 2х спектральных каналов: 2-й (0,450-0,515 мкм) и 3-й (0,525-0,600 мкм). Индексы рассчитывались как отношение спектральных яркостей В2/В3.

Таблица 2. Спектральные характеристики сканера MODIS (спутники Aqua/Terra).

№ канала	Длина волны, мкм	Применение	Название каналов (HDF слои)
1	0,62-0,67	Изменение растительного покрова	Red reflectance
2	0,841-0,876	Облачность, изменение растительного покрова	NIR reflectance
3	0,459-0,479	Разделение почвы и растительности	Blue reflectance
4	0,545-0,565	Зеленая растительность	
5	1,23-1,25	Лиственный покров	
6	1,628-1,652	Разделение снега и облаков	
7	2,105-2,155	Облачность	MIR reflectance
8	0,405-0,42	Хлорофилл	
9	0,438-0,448	Хлорофилл	
10	0,483-0,493	Хлорофилл	
11	0,526-0,536	Хлорофилл	
12	0,546-0,556	Осадки	

2.3. ГИС технологии

ГИС – географическая информационная система. Программа управления базами данных с географической (пространственной) привязкой, визуализация картографических материалов. Под ГИС технологиями обычно, по факту, понимают электронный, векторный картографический материал, созданный в специальной программе, в том числе на основе данных исследователей.

Однако возможности современной ГИС гораздо шире: 1) накопление данные в «онлайн» режиме (режиме реального времени), 2) обработка и анализ информации, 3) оперативная выдача автоматических отчётов, для принятия соответствующих решений.

Проведённые нами, в ходе настоящей работы, исследования по применению ДЗЗ для выявления и мониторинга системы переходных зон ландшафта, показали возможность выявления переходных блоков по ДЗЗ среднего пространственного разрешения (серия спутников Landsat разрешение 15-60 м/пиксель) для крупных гидрологических объектов – равнинных водохранилищ. Показана принципиальная возможность оценки границ и основных характеристик ландшафтных блоков на профилях многолетних наблюдений. Ранее также продемонстрированы возможности ДЗЗ низкого и среднего пространственного разрешения (спутники Aqua/Terra аппаратура MODIS, 250-1000 м/пиксель) для оперативного мониторинга состояния акватории и побережья крупных равнинных водохранилищ [Кутузов, 2011; 2016].

Определение переходных территорий «вода-суша» для мелких гидрологических объектов (реки, пруды и временные водотоки) и анализ данных с использованием ГИС было проведено нами в интересах медицинской зоологии. С помощью ДЗЗ среднего пространственного разрешения (15-30 м/пиксель), обнаруживались околородные ландшафты, предпочтительные для развития эпидемиологически значимых видов (мышевидные грызуны и насекомоядные – мелкие млекопитающие), определялось их размещение у населённых пунктов [Кутузов и др., 2013; Транквилевский 2011 – 2012]. Исследования осуществляли в ЛВС для пойменных и околородных биотопах – которые являются станциями переживания неблагоприятных климатических условий для многих видов животных, а для ряда видов как, например, для водяной полёвки (*Arvicola amphibius*) – водно-береговой ЛВС является основной стацией обитания, в различных природных зоны [Транквилевский и др., 2014]. Такое ландшафтное ГИС решение для выявления околородных территорий, было успешно опробовано нами при обследовании систем ЛВС отдельных территорий в Иркутской и Воронежской и областях [Транквилевский, 2013; Борисов, 2016].

Для описания долинных водохранилищ средней полосы и степной зоны России, относящихся к сложным и динамичным водным объектам, требуется большой объём

пространственных данных. Эти водохранилища являются сравнительно мелководными (5-10м средняя глубина), что обусловлено типом питания рек и равнинным характером рельефа. Мелководность водоёмов приводит к значительным горизонтальным перемещениям уреза воды (по литературным и нашим данным до нескольких километров), даже при небольшом колебании уровня вод по вертикали (3-7м): сработка или наполнение водохранилища (Таблица 3). При максимально возможной сработке таких водохранилищ: от НПУ до УМО – могут обнажаться тысячи квадратных километров территории. Так для Рыбинского и Цимлянского водохранилищ, где эти величины могут достигать 2 165 км² и 1 517 км², соответственно (Таблица 3), площадь водохранилища может уменьшаться в 2 раза. Объёмы воды здесь меняются также – примерно в 1,5-2 раза.

Таблица 3. Морфометрические параметры равнинных водохранилищ. [Бакулин, 1968]

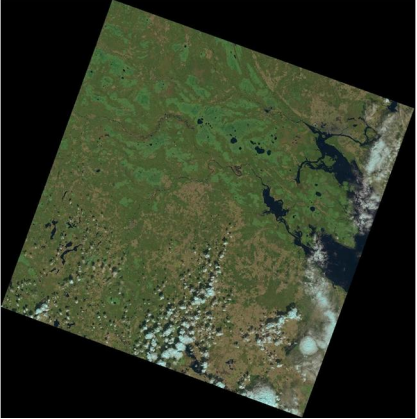
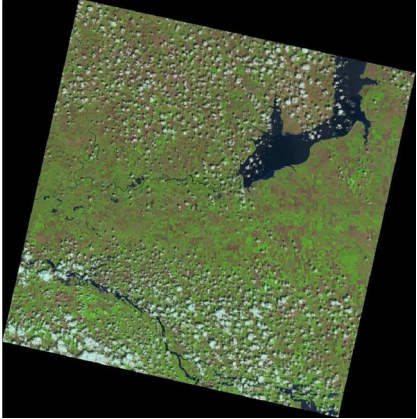

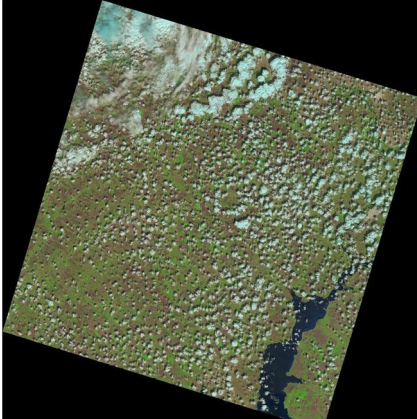
	НПУ, м	УМО, м	S НПУ, км кв.	S УМО, км кв.	Средняя глубина, м	Макс. глубина, м
Рыбинское	102	97,1	4 550	2 385	5,6	30,4
Куйбышевское	53	45,5	6150	3060	8,9	40,0
Волгоградское	15	12	3117	2426	10,0	41,0
Цимлянское	36	31	2702	1185	8,8	35,0

Для мониторинга последствий таких масштабных изменений на побережье, возникает потребность в организации специальной ГИС наблюдения и анализа состояния природной среды, как основы комплексного мониторинга водохранилищ на базе геосистемного подхода. Данные ДЗЗ позволяют охватывать наблюдениями целые регионы практически одновременно и могут значительно сократить затраты на непосредственно полевые исследования. Соответственно, современная комплексная программа геоэкологического мониторинга водохранилищ должна базироваться на совмещении функционально взаимодополняющих методах, поддерживающих единые информационные технологии [Балюк и др., 2007].

Для совместной обработки дистанционных и контактных данных о распределении тех или иных параметров водной среды и совмещения с изображениями, полученными из космоса, необходимо учитывать даты съёмки используемых спутников. Для представления разнородных данных контактных исследований потребовалась их предварительная обработка: сведение разноформатных материалов, унификации и верификации табличных данных по материалам подспутниковых исследований. За все время существования спутников серии Landsat на орбите (с 1972 г.), накоплен значительный архив снимков

среднего и низкого разрешения, которые могут применяться для решения различных картографических задач (Таблица 4).

Таблица 4. Пример данных со спутников Landsat, получаемых для исследований. Здесь спутник Landsat-8.

Территория / Описание файла	Изображение	Территория / Описание файла	Изображение
<p>Рыбинское водохранилище, северо- западная часть</p> <p>ID:LC08_L1TP_180019 _20160503_20170325_01_T1</p> <p>Acquisition Date:03- MAY-16Path:180Row:19</p>		<p>Цимлянское водохранилище, южная часть</p> <p>ID:LC08_L1TP_173027_201 60502_20170325_01_T1</p> <p>Acquisition Date:02-MAY-16</p> <p>Path:173 Row:27</p>	
<p>Рыбинское водохранилище, юго- восточная часть</p> <p>ID:LC08_L1TP_178019 _20160505_20170325_01_T1</p> <p>Acquisition Date:05- MAY-16Path:178Row:19</p>		<p>Цимлянское водохранилище, северная часть</p> <p>ID:LC08_L1TP_173026_201 60502_20170325_01_T1</p> <p>Acquisition Date:02-MAY-16</p> <p>Path:173 Row:26</p>	

Формирование и объединение разнородных слоев геоинформационной системы (ГИС) – основа для последующего тематического дешифрирования и экологической характеристики объекта, в том числе для отражения полевых данных комплексного топо-экологического профилирования побережий.

Основной метод полевых исследований – метод комплексного топо-экологического профилирования, который позволяет связать между собой в единую систему все данные полевых наблюдений на ключевом участке. Эта система данных совмещена с материалами дистанционного зондирования и рассмотрена в ландшафтном окружении, с использованием привязанных к географической сетке ландшафтных и топографических карт [Ландшафтная карта СССР, 1987] (Рисунок 26).



Рисунок 26 – Фрагмент ландшафтной карты. Цифры на карте – ландшафты: 239а, 251а – пойма и низкие террасы; 2396 – надпойменные террасы крупных рек; 255о – равнины плоские и пологоволнистые, с широкими балками; 255ч – равнины преимущественно плоские, с глубокими балками; 255х – равнины пологоволнистые с балками в придолинных частях. Почвы: 239(а, б), 251а, 255х – темно-каштановые, солонцеватые; 255о – каштановые солонцеватые; 255ч – темно-каштановые.

На основе такой системы взаимосвязанных полевых данных и материалов дистанционного зондирования была создана версия ГИС «Акватерра» для этих территорий. В созданной ГИС водохранилищ были использованы материалы ДЗЗ и многолетние гидрологические данные для выделения ландшафтных блоков изучаемой территории. Для создания тематического проекта ГИС, по имеющемуся массиву данных, была подготовлена серия специализированных таблиц с атрибутивной информацией по пространственным объектам, для включения в базу данных БД ГИС.

Вычисление вегетационных индексов (и ряда других) входит в стандартный пакет современных версий программного обеспечения (ПО) ГИС. Использование лесотаксационных данных и совмещение с географически привязанными картами лесотаксации, гипсометрии и топографии данной территории позволяет хорошо дешифровать материалы спутниковой съемки. По результатам дешифрирования создаются сигнатуры – растровые образцы поверхностей (ПО ERDAS, а также – ArcGIS, QGIS) для возможности контролируемой (полуавтоматической) и автоматической обработки поступающей спутниковой информации для мониторинга динамики водно-наземной переходной зоны побережий [Балюк, 2007; Кутузов 2011].

Важным итогом работы по объединению разнородных данных по объекту исследования – ландшафты побережья Цимлянского водохранилища, является создание базы

экологических данных с точной географической привязкой – базы геоданных ГИС. Трудоемкость создания такой базы геоданных (БГД) оправдана возможностями её дальнейшего использования, в частности для автоматизированного создания ценных картографических материалов, отражающих исследуемые явления и объекты в среднем и крупном масштабе: 1: 100 000, 1: 50 000, 1: 25 000 – (Рисунок 23, Рисунок 27, Рисунок 28). Такие карты используются в сельском и лесном хозяйстве, а также в гидротехническом строительстве.

На рисунке (Рисунок 27) показано использование спутниковых снимков разного пространственного разрешения, с последовательным увеличением масштаба (см. также Приложение: Таблица 29). Цветной фрагмент рисунка – синтезированный спутниковый снимок (Landsat-7) в «почти естественных» цветах, комбинация спектральных каналов, позволяющая чётко различать воду, вегетирующую растительность и распаханнные участки (красные оттенки). Далее – фрагмент снимка (Landsat-7) в ближнем инфракрасном диапазоне: чётко видны границы воды. Светлым контуром очерчены границы векторного слоя данных об уровнях заливания побережья. Фрагмент 3 (Рисунок 27) – совмещённые данные спутникового снимка аппаратуры MODIS (спутники Aqua/Terra) и данные об уровнях заливания побережья, сведения о координатах точек замеров на профилях (ЦП1 и ЦП2). Здесь увеличение градиента чёрного цвета указывает на увеличение влажности ландшафта. Снимки MODIS – удобны для оперативного мониторинга изменений в ландшафтах, но они низкого пространственного разрешения и лишь грубо отражают общие тенденции по изменению влажности в пространстве ландшафта.

На рисунке (Рисунок 28) проиллюстрирован принцип точной координатной привязки получаемых данных и возможность сопоставления различных экологических параметров (растительность, почвы, воды, минерализованность) с формой рельефа и данными о гидрологическом режиме участка наблюдения. На цветном фрагменте снимка (Landsat-7) видно, в частности, что профили заканчиваются на пашнях (красные оттенки синтезированного снимка) – см. Приложение: Таблица 29 (комбинации каналов для Landsat 5,7 или для Landsat 8, соответственно: 5,4,1 6,5,2).

Профили на Цимлянском водохранилище

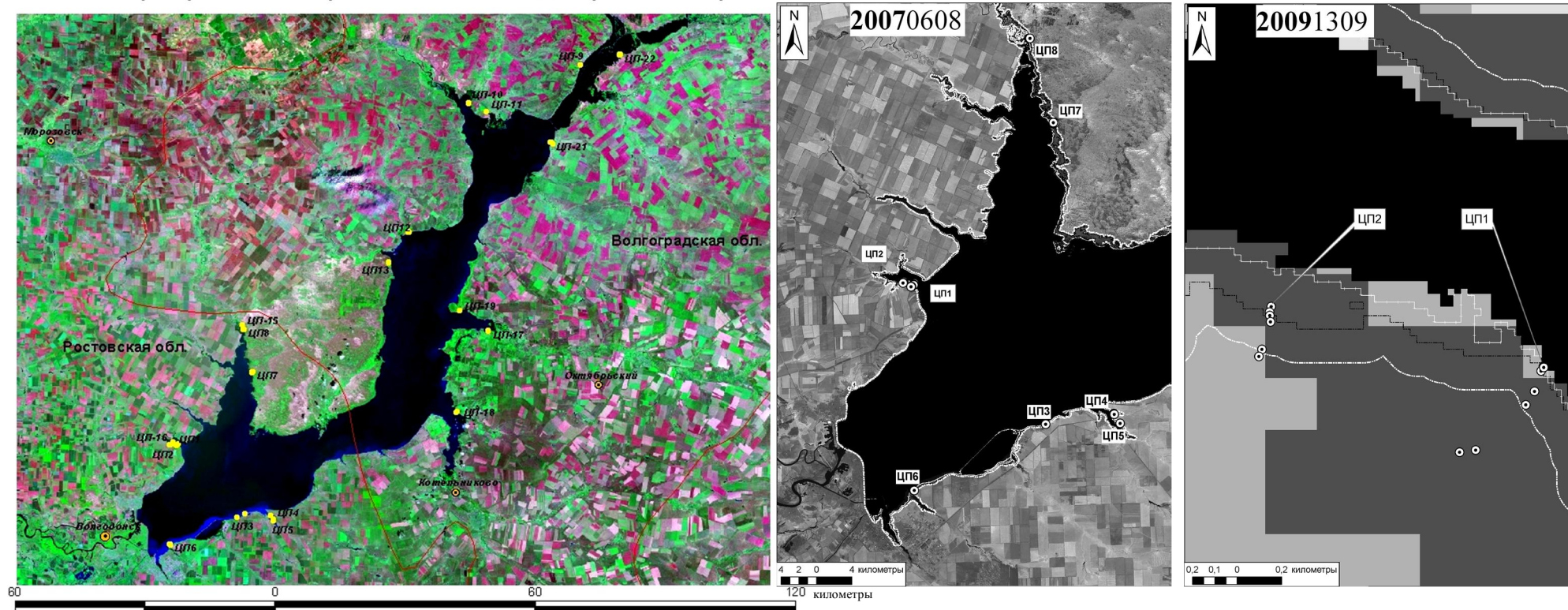
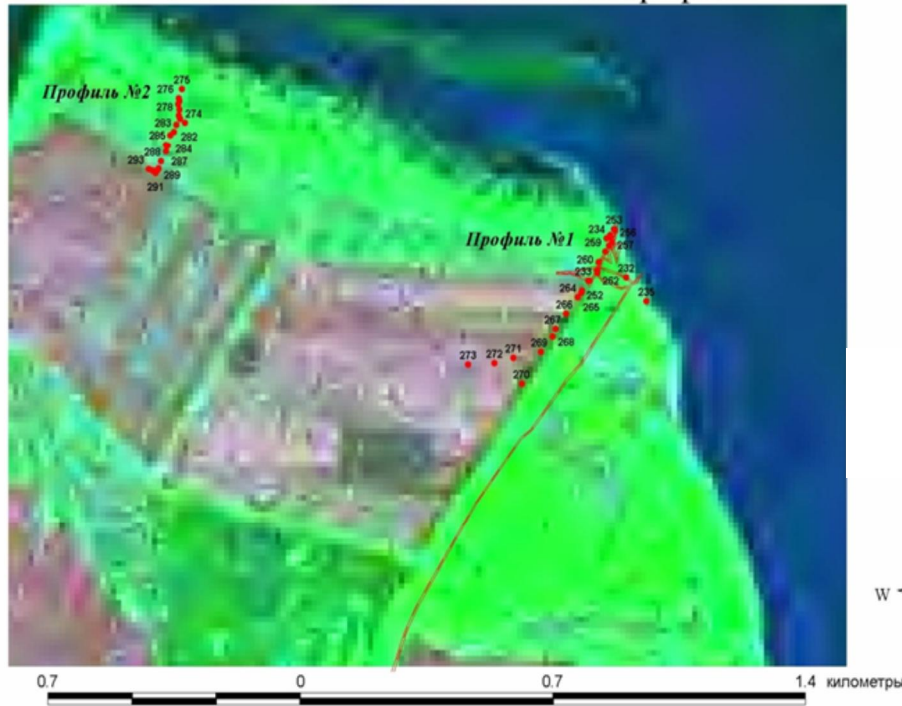


Рисунок 27 – Расположение слоя данных – цимлянские профили (ЦП 1-22) на спутниковых снимках ГИС-проекта «Цимлянское водохранилище» в разных масштабах. Левый цветной фрагмент рисунка: жёлтыми метками отмечены точки замеров комплексного топо-экологического профилирования по итогам многолетних наблюдений (спутник Landsat-7).

Почвенные и геоботанические профили



Профиль №1. Станица Хорошевская. (выше 35,3м абс. БС)

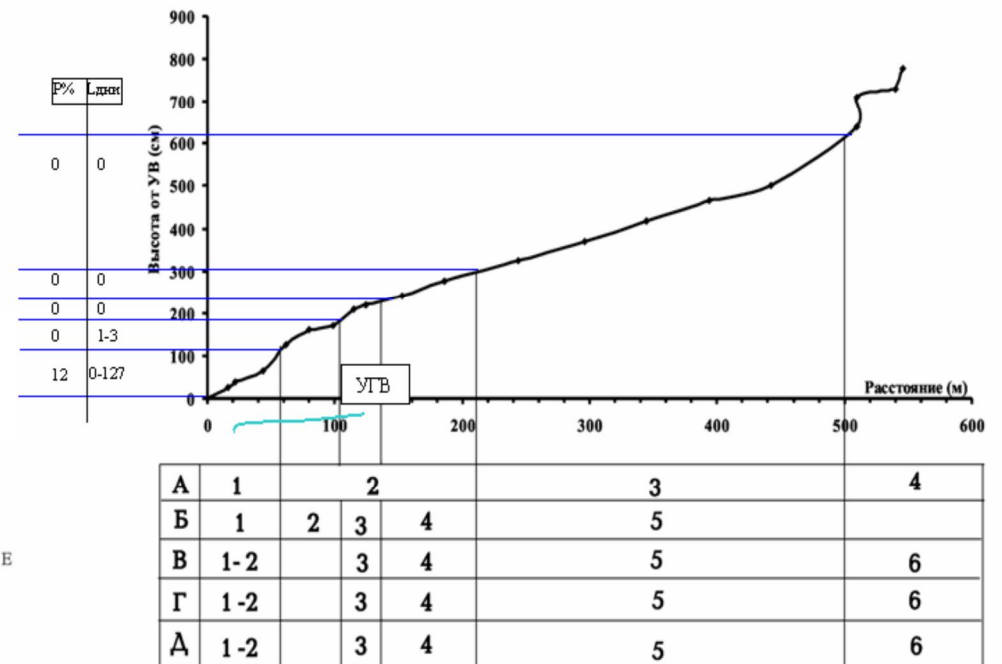


Рисунок 28 – Пример пространственно согласованных полевых данных. На рисунке – слева спутниковый снимок южной части водохранилища и точки профилей (№1, №2) по данным GPS/GLONASS навигатора. Справа результаты обработки данных комплексного топо-экологического профилирования: высотные отметки, растительность, почвы, грунтовые воды. Прочие обозначения соответствуют указанным ранее (Рисунок 20, Рисунок 22).

2.4. Ошибки методов выделения переходных зон ландшафта

При оценке точности выделения переходного ландшафта (как и экотона) следует учитывать, что экотон, по определению, является особой переходной зоной между соседними экосистемами, «широкой границей», «буферной зоной» континуум с размытыми краями.

Для чёткого выделения пространственных границ переходных ландшафтов потребовалось переформулировать их «описательное» определение в «структурное (пространственное)», с чёткими формальными численными характеристиками разграничительных линий в блоках экотона [Балюк, Кутузов 2007]. Для «контрастных» экосистем ЛВС, например – здесь самая очевидная граница: водная поверхность и наземная часть (центральный блок ЛВС), но и эта граница может непрерывно (ежечасно) существенно меняться. Размах же максимальных изменений этой границы по горизонтали может достигать многих километров для равнинных водохранилищ, например – Таблица 3.

2.5. Точность оценки площадей, определения контуров, обработки ДЗЗ

Точность определения (по ДЗЗ) таких формальных (условных) границ ЛВС определяется масштабами блоков ЛВС (метры – километры) и точностью (пространственной разрешающей способностью) космоснимков: от 250 м/пиксель для MODIS до 15-30м/пиксель (Landsat), 10-20 м/пиксель (Sentinel-2), 2м/пиксель SeaView-2, например). Таким образом, точность определения площади блоков ЛВС определяется соотношением между этими величинами: масштаб блока – a и пространственное разрешение снимка – b . Учитывая, что пиксель, приходящийся на границу контура блока, может быть отнесён к любому из блоков (значение осредняется по блоку куда приходится более 50% пикселя), отсюда точность определения границы блока ЛВС по формальному показателю – $\frac{1}{2}$ пикселя ДЗЗ. Следовательно, точность определения площади блока по ДЗЗ определяется соотношением между количеством пикселей внутри проведённой границы N и протяжённостью границы (в пикселях) $\frac{1}{2}n$:

$$P(\%) = N / (N + \frac{1}{2}n) * 100\%, \quad \text{(Формула 1)}$$

где $P(\%)$ – точность определения блока ЛВС, N – число пикселей в контуре (удовлетворяющих выставленному условию), n – число «пограничных» пикселей.

В итоге, ошибка определения геометрии и площадей блоков ЛВС по ДЗЗ обычно находится в теоретических пределах: от 0,3% (для побережий крупных озёр) до 50% (для узких лентовидных форм и мелко мозаичных структур), где масштаб пикселя сравним с шириной (диапазоном) блока ЛВС. При необходимости большей дробности выделения – достаточно

разово (не на постоянной мониторинговой основе) привлечь ДЗЗ более высокого пространственного разрешения – как топографическую основу.

В наших исследованиях погрешность определения контуров и площадей традиционными картографическими и описанными методами не превышала 5-10% (см. Глава 3).

Вычисление площадей и объёмов в условиях значительных колебаний уровня воды

На основе обработки выборки спутниковых снимков (данных ДЗЗ) на периоды контрастных уровней стояния вод Рыбинского водохранилища, в ГИС проводилась последовательная векторизация контуров. По использованному нами ранее алгоритму определения границы «вода-суша» на основе оценки спектральной яркости в ближнем инфракрасном диапазоне [Кутузов, 2011], создаются полигональные объекты соответствующие территориям затопления. В итоге были созданы векторные слои на основе обработки выбранных данных ДЗЗ (2013-2019 гг.).

Данные ДЗЗ – картографическая подоснова, материалы векторизации других спутниковых данных и топографическая карта взаимно дополняют друг друга. Таким образом, полученные векторные слои ГИС находят своё подтверждение в альтернативных источниках. Для определения границ мелководий, была использована классификация мелководий по глубинам при НПУ, использованы критерии выделения внутренней границы мелководной зоны предложенная С.А. Поддубным [Поддубный, 2013: № 8; № 11]. На основании указанных материалов принимается решение о проведении границы защищённых мелководий (по границе высшей водной растительности) на глубине до 3 м – Рисунок 29.

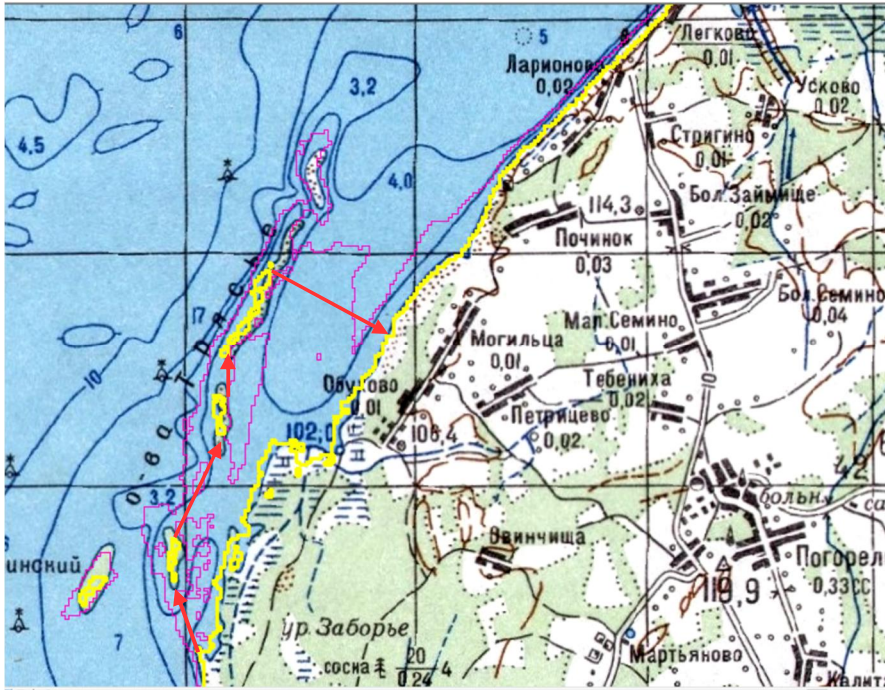


Рисунок 29 – Проведение внешних границ защищённых мелководий по топографической основе, с учётом полученных векторизацией ДЗЗ дополнительных данных. Жёлтый и розовый контуры для уровней 102м и 100м.

По выбранным внешним границам защищённых мелководий, в результате геопространственных операций со снимками ДЗЗ в ГИС, формируются взаимосвязанные контуры площадных объектов – зон затопления (Рисунок 30).

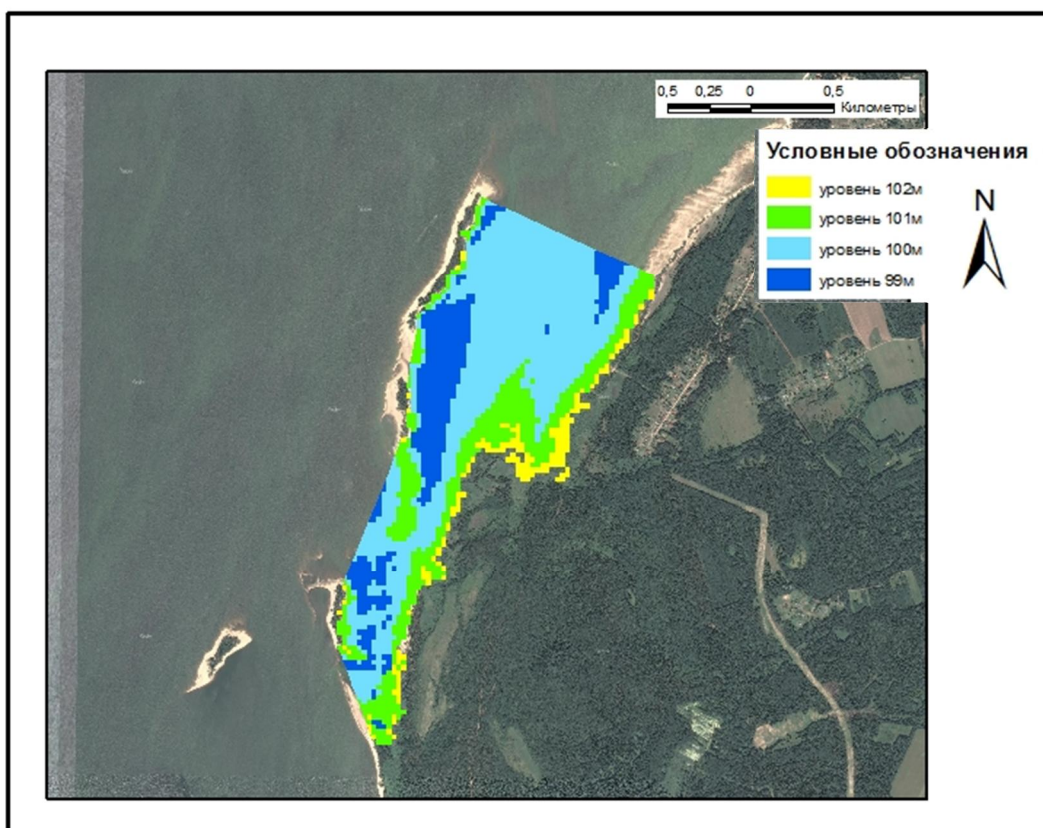


Рисунок 30 – Площади затопления для разных уровней вод водохранилища, вычисленные по материалам ДЗЗ. Подоснова – спутниковый снимок.

Расчёты площадей ведутся в электронной таблице, на основе расчётных данных ГИС «Акватерра» по площади геометрических объектов. Вычисляются как индивидуальные значения S и V для каждого контура, так и итоговые «суммарные» значения – Таблица 5 (подробнее см. Глава 3).

Таблица 5. Расчётная таблица по морфометрии о-вов Трясьё.

Интервал, м	Суммарная S , км кв.	Суммарный V , тыс. м куб.	Уровень, м	V , тыс. м куб.	$S1$, км кв.
менее 99	0,423	-	99,2	-	0,423
99-100	1,654	970	100,2	886	1,231
100-101	2,182	2882	101,2	1827	0,529
101-102	2,339	5143	101,9	2176	0,157

Объём (V) вычислялся по принятой в гидрологии математической формуле усечённой пирамиды [Чеботарев, 1953]. $V=1/3h(S+S1+\sqrt{S*S1})$ где S – вся площадь заливания предыдущего высотного уровня («суммарная площадь» в таблице), а $S1$ – «суммарная площадь»

интересующего уровня: формула Далее численные данные округляются с учётом средней точности измерений по пространственному разрешению использованных ДЗЗ, оцениваемой 30м – линейные измерения и 1000 м кв.– площадные объекты.

Для определения объёма сравнительно глубоководной части защищённых мелководий – ниже уровня 99 м (БС) спутниковых данных нужного качества нет. Оценить приблизительный объём территории ниже 99 м можно на основе топографических и навигационных карт. Так, по данным топографической карты и по карте глубин, глубины при 99 м будут колебаться здесь от 0,2 м до 1 м – таким образом, среднюю арифметическую для глубины здесь можно принять равной 0,6 м – Таблица 6.

Таблица 6. Суммарные показатели морфометрии о-вов Трясьё, цветом выделены скорректированные данные.

Интервал, м	Полная S, км кв.	V, тыс. м куб.	Суммарный V, тыс. м куб.
менее 99	0,423	85	85
99-100	1,654	971	1 055
100-101	2,182	1 912	2 967
101-102	2,339	2 260	5 228

В этом случае, увеличение к прежнему итоговому объёму 5143 тыс. м куб. (Таблица 6) составит менее +2% (~+1,62%).

Аналогичная работа была проведена для другого крупного защищённого мелководья у острова Радовский. Дополнительно, к ранее использованным слоям, в ГИС проекте – ГИС «Акватерра» была использована серия снимков: аэрофотосъёмка 1989 г.

Данные этой аэрофотосъёмки, после сделанной географической привязки, хорошо совпадают по контурам со спутниковыми материалами текущего 10-летия.

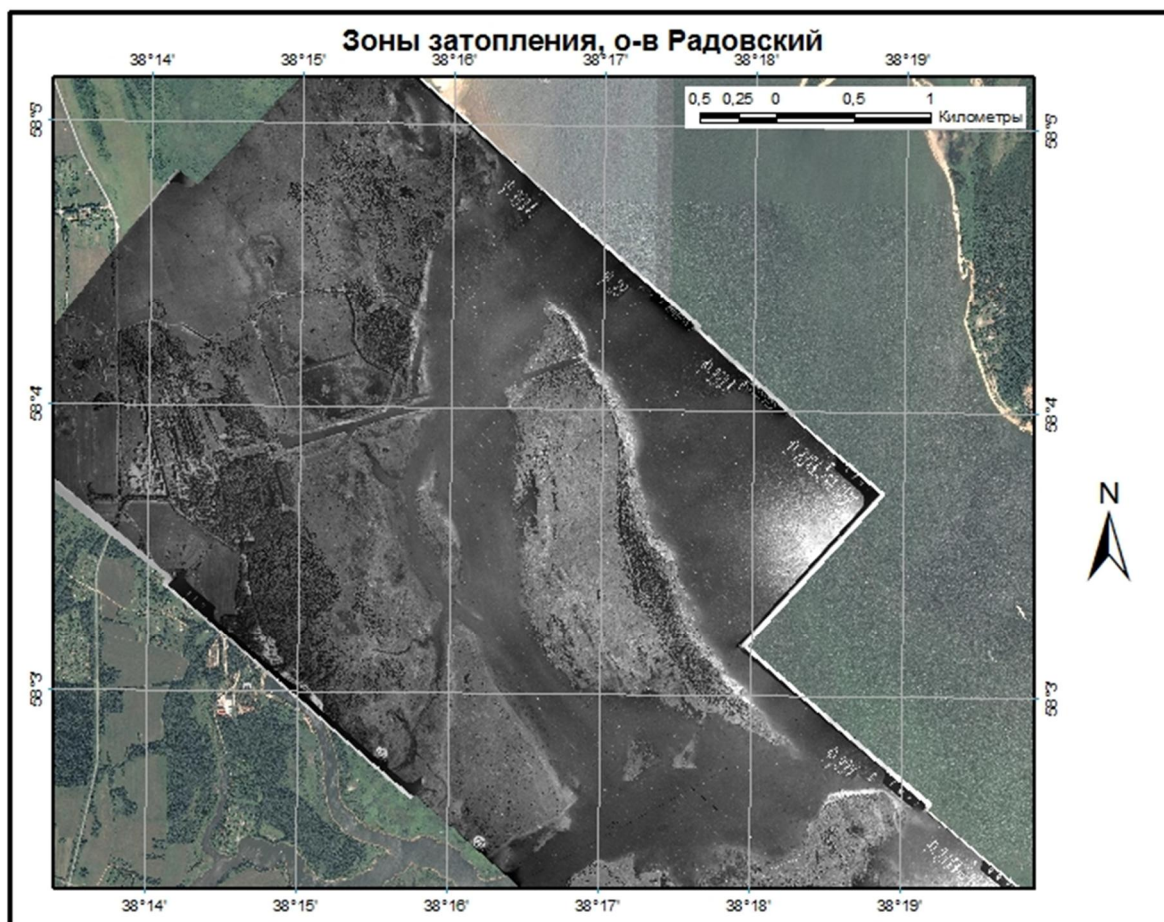


Рисунок 31 – Данные аэрофотосъёмки 1989 г., после географической привязки, совпадают по контурам с современными спутниковыми материалами.

Массив крупного острова сохраняет те же контуры и на современных ДЗЗ при среднем уровне стояния вод Рыбинского водохранилища (около 100,5м БС) в безлёдный, навигационный период.

При уровне близком к НПУ (101,81м БС) от о. Радовский остаётся узкая гряда вдоль русла р. Волга, поросшая сосняком. Основной массив острова в это время затоплен, что заметно на снимках в начале вегетационного периода (апрель-май) и маскируется позже надводными макрофитами (тростник и камыш) массово произрастающими на мелководьях.

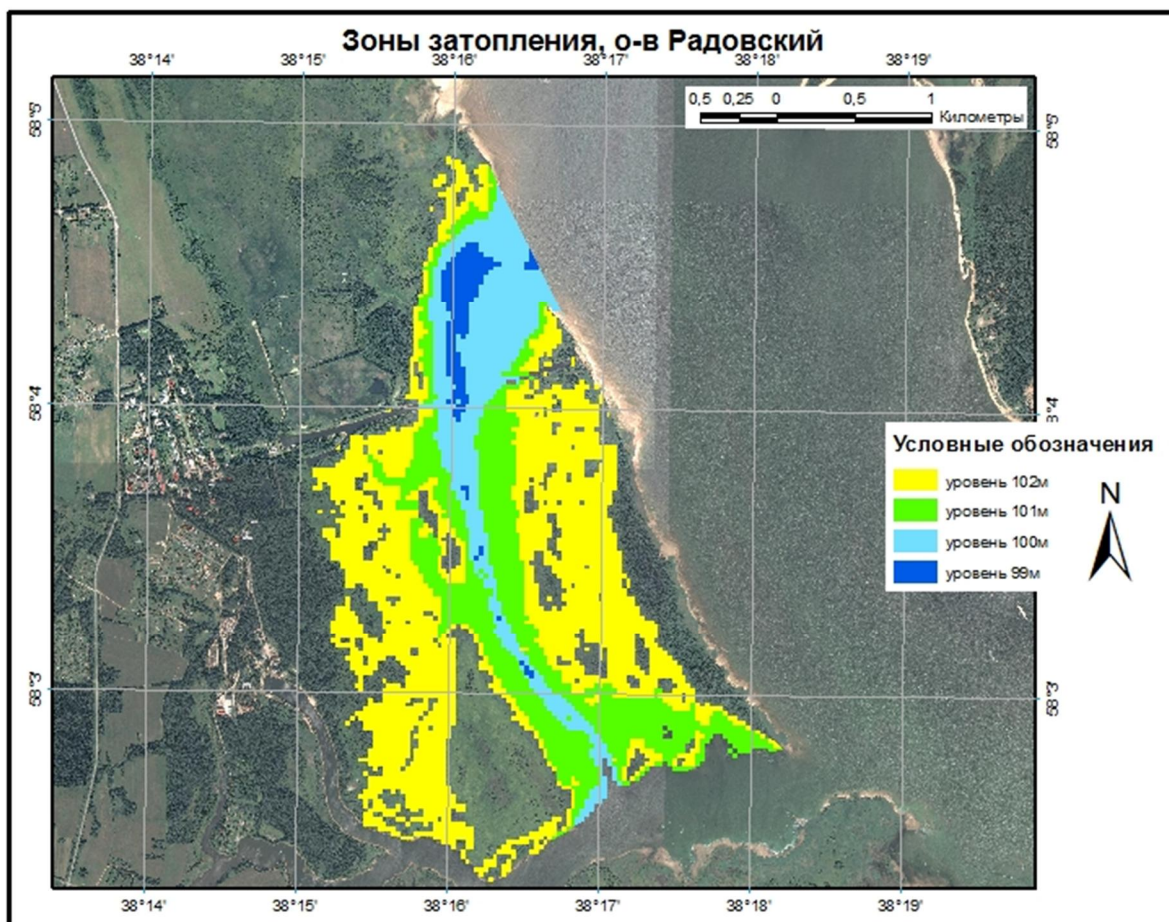


Рисунок 32 – При уровне близком к НПУ от о. Радовский остаётся узкая гряда вдоль основного русла р. Волга.

ГИС обработка данных ДЗЗ по контурам уровней стояния вод для о. Радовский даёт материал для вычисления гидроморфологических характеристик территории последнего десятилетия – Таблица 7.

Таблица 7. Суммарные показатели морфометрии о. Радовский, цветом выделены скорректированные данные для уровня менее 99 м (БС).

Интервал, м	Суммарная S, км кв.	V, тыс. куб.	Суммарный V, тыс. м куб.
менее 99	0,189	38	38
99-100	1,099	581	619
100-101	2,495	1750	2370
101-102	5,357	3836	6206

Для уровня менее 99 м в этом районе достоверных пространственных данных нет. Но есть основания считать, что глубины здесь невелики и, условно приняв те же значения что и для о-вов Трясьё (0,6 м глубины), получаем оценку остаточного объёма воды: ~ 0,6 % от максимального объёма при НПУ.

Глава 3

3. Динамика и пространственная структура водно-наземной системы переходных ландшафтов для водохранилищ

3.1. Уровенный режим водохранилищ и характеристика зон взаимодействия вода-суша

О точности расчётных данные по подтоплению, основанных на локальных наблюдениях или проектных материалах, гидролог Салтанкин В.П. отметил, что они: «как показывает практика, в 2–3 раза меньше реальных величин, полученных по материалам аэрокосмических съёмок и данным ландшафтных профилей» [Салтанкин инт.-энцикл. Рыбинское...].

С использованием современных картографических методов, система переходных зон ландшафта «вода-суша» из абстрактной переходной зоны между различными экосистемами, превращается в картографическую реальность на местности. В созданном в рамках данной работы ГИС «Акватерра», актуальная картографическая информация по ЛВС Рыбинского и Цимлянского водохранилищ представлена: в электронной форме, цифровом виде и в векторном формате. Полученные данные доступны для автоматической обработки на современном компьютерном программном обеспечении.

Границы ландшафта вода-суша, для Рыбинского водохранилища, как и для других водохранилищ с сильными колебаниями уровня водной поверхности весьма широки: прибрежная зона – это часть зоны временного затопления, обсыхающей при понижении уровня. Зона временного затопления – может занимать около 30-40% всей площади Рыбинского водохранилища, при обычной сработке уровня на 3-4м от нормального подпорного уровня (НПУ) водохранилища (101,81м), а при максимальном падении уровня (в отдельные годы до 5м от НПУ) – до 50% площади водоёма. Сопоставимые морфометрические показатели представлены и для Цимлянского водохранилища [Кутузов, 2011].

Особенности водохранилищ, как гидрологических объектов технического происхождения, в сравнении с близкими им природными объектами

Водоохранилища – это природно-техническая система, специально созданная для преобразования окружающей среды (энергетика, транспорт, орошение, водоснабжение, рыболовство и другие) [Вендров, 1976] и формирование соответствующего специфической пограничной экосистемы ЛВС – важнейшее последствие такого преобразования. Уровенный режим водохранилища определяется в интересах ведущих водопользователей. Регулирование

уровня водохранилища, определяет формирование и динамику двух смежных экосистем: водной среды и суши, формируя зону их контакта – ЛВС. Эти изменения можно сопоставить с влиянием разливов реки, до зарегулирования плотиной, на прилегающие наземные экосистемы.

Самый распространённый тип водохранилищ: водохранилища, создаваемые в долинах естественных водных объектов постройкой подпорных сооружений (плотин, зданий ГЭС, шлюзов и других) – имеет наибольшее значение для экономики. В нём выделяют два характерных подтипа по генезису:

1) речные (долинные, русловые) водохранилища, расположенные в долинах рек. Характеризуются вытянутой формой, с преобладанием стоковых течений и характеристиками водной массы, близкими к речным водам;

2) озёрные (котловинные), повторяющие форму водоёма, находящегося в подпоре, и отличающиеся по своим физико-химическим свойствам от свойств вод притоков.

Озёрный подтип водохранилищ можно разделить на 2 контрастных группы: горные и равнинные водохранилища, сильно различающиеся по гидрологическим параметрам (глубина сработки и площадь затопления), по назначению (энергетика и речное судоходство) и по последствиям их создания (социальные и геоморфологические). Рассматриваемые в настоящей работе водохранилища (Рыбинское и Цимлянское) могут быть к озёрному подтипу равнинных водохранилищ.

Рыбинское водохранилище – озёрного (котловинного типа). Оно возникло в юго-восточной части Молого-Шекснинской низменности (котловине) на месте существовавшего здесь в ледниковый период озера. Образовано слиянием Верхней Волги и её крупных притоков: р. Мологи и р. Шексны.

Цимлянское водохранилище – может быть отнесено к смешанному подтипу: озерно-речному (долинному), оно создано в долине Нижнего Дона. Эта вариация возникает при затоплении речных долин и их озеровидных расширений (крупнейшие водохранилища: Цимлянское, Горьковское, Куйбышевское и ряд других).

Отличия водохранилищ от озёр и рек по уровенному режиму

Специфика трансформации среды водохранилища, в сравнении с естественной, характерной для озёр эволюцией, состоит в следующем:

1) уровень водохранилища определяется как естественными причинами и интересами ряда независимых водопользователей (энергетика, судоходство, рыболовство и др.), так и метеоусловиями (испарением и осадками) на водосборной территории;

2) водохранилища появляются «мгновенно» (годы) в масштабах существования озёр (тысячи и миллионы лет) и последующие годы идёт адаптация среды;

3) минимальный предполагаемый срок жизни водохранилищ определён в 100-200 лет, дальнейшая судьба неизвестна, озёра существуют тысячи, сотни тысяч и миллионы лет.

Уровенный режим озер и водохранилищ зависит от комплекса природных и антропогенных условий:

- соотношения между приходом и расходом воды в естественных условиях;
- размера водоема, его формы, характера берегов, стонов и нагонов;
- а для водохранилищ также от влияния работы гидросооружений и сброса воды в хозяйственных целях (орошение, судоходство, перераспределение воды в системе водохранилище и др.).

Колебание уровня водоёма может быть кратковременным, сезонным, годовым, многолетним, вековым (последнее характерно для внутренних морей: Аральское, Каспийское и других крупнейших водоёмов).

По степени регулирования речного стока водохранилища могут быть.

Многолетнего регулирования. Водоохранилища многолетнего регулирования обеспечивают все виды регулирования стока, производится перераспределение стока между многоводными и маловодными годами. Для обеспечения многолетнего регулирования стока полезный объем (ПО) водохранилища должен быть большим, равным примерно 20–50% годового стока реки.

Сезонного регулирования – перераспределение стока в каждом году между сезонами. Для сезонного ПО водохранилища – меньше, около 8–20% годового стока.

Недельного регулирования – вызывается неравномерной выработкой гидроэнергии в течение недели, $ПО < 8\%$ годового стока.

Суточного регулирования – неравномерная выработка гидроэнергии в течение в течение суток. В выходные дни и ночью в связи со снижением выработки энергии в водохранилищах накапливается вода, а в нижних бьефах ГЭС расходы воды и уровни резко снижаются [Давыдов и др., 1973].

Характер регулирования определяется назначением водохранилища и соотношением полезного объема и величины стока реки.

Обычно различают в два основных вида колебаний поверхности озер и водохранилищ: динамические и статические.

Динамические колебания уровней возникают под воздействием атмосферных, тектонических и космических сил (ветер, давление атмосферы, притяжение Луны, Солнца и так далее) – объем воды в водоемах не меняется.

Статические колебания уровня озер и водохранилищ связаны с приходом и расходом воды, с изменением плотности воды с температурой и соленостью, то есть колебания уровня сопровождаются изменением объема воды водоема.

В литературе приводится ряд данных по уровенному режиму крупных озёр и водохранилищ [Литинская, 1961; 1976; Чеботарёв, 1975; Авакян и др., 1987] – Таблица 8.

Таблица 8. Зависимость средней годовой амплитуды уровня воды озер от соотношения площадей водосбора озер и зеркала озер по данным Чеботарёва (с изменениями) [Чеботарев, 1975].

Озеро	Площадь, км ²		a = F/w	Амплитуда, м
	Водосбор (F)	Озеро(w)		
Онежское	61 430	9900	6	0,64
Селигер	2322	232	10	0,78
Ладожское	254 000	18 000	14	0,80
Воже	4957	433	11	1,00
Имандра	12 438	880	14	1,00
Чудское	48 700	3500	14	1,12
Белое	13 956	1200	14	1,16
Байкал	557 000	31 500	18	1,20
Лаче	12 420	336	37	2,10
Кубенское	15 100	378	40	3,60
Ильмень	67 450	1100	91	4,20

Интервал колебаний уровня воды для водохранилищ, как правило, больше, чем для естественных озер. Уровенный режим сильно разнится для водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования: водохранилища многолетнего регулирования наполняются до НПУ не ежегодно (в том числе: Рыбинское и Цимлянское водохранилища) – Таблица 9.

Таблица 9. Классификация водохранилищ по амплитуде уровня (величине сработки) по данным А.Б. Авакяна и др. (с изменениями) [Авакян и др., 1987].

Примеры	Характеристика колебания	степени	Амплитуда, м
Саратовское, Днепровское	Малое		<1
Волгоградское, Усть-Илимское	Небольшое		1-3
Рыбинское, Куйбышевское, Цимлянское, Братское	Среднее		3-10
Чиркейское, Хаитайское, Красноярское	Большое		11-30
Нурекское, Тактогульское	Очень большое		31-100
Джварское	Исключительно большое		>100

Для водохранилищ нормами проектов устанавливаются технические уровни воды для гидроузлов [Приказ Минприроды РФ от 26.01.2011 N 17. Об утверждении Методических указаний по разработке правил использования водохранилищ]:

1. Нормальный подпорный горизонт (НПГ) – наивысший уровень (НПУ), который может длительное время поддерживаться подпорным сооружением.

2. Форсированный уровень (форсированный горизонт – ФГ) – уровень, превышающий НПГ, может поддерживаться только временно, при прохождении паводков редкой повторяемости в 1% (в среднем 1 раз в 100 лет и менее) при половодьях средней повторяемости 1 % составляет обычно 20–70 см, а при повторяемости 0,1 и 0,01% – 1–3 м и более.

3. Уровень сработки:

- уровень ежегодной (диспетчерской) сработки;
- проектный уровень наибольшей сработки;
- уровень наибольшей технически допускаемой сработки;
- уровень наибольшего возможного опорожнения, который может быть достигнут при сбросе воды через все имеющиеся водоспуски.

Уровень мёртвого объема (УМО) расположен ниже уровня наибольшей технически допустимой сработки. Кроме того, водохранилища могут быть разделены на четыре водно-балансовых типа:

- 1) глубокого сезонного регулирования стока;
- 2) умеренного сезонного регулирования;
- 3) неглубокого сезонного регулирования;
- 4) несущественного сезонного регулирования.

Перевести технические характеристики природно-технического комплекса водохранилища (уровни воды для гидроузлов) в биоэкологические характеристики уровня режима – основная цель данного исследования. Важным дополнением к которой, является картографически точное выделение зон воздействия водохранилищ на прибрежные территории, с учётом уровня режима. Под прибрежными территориями здесь и далее будем понимать зону взаимодействия суши и водоёма, включающую как сушу испытывающую периодическое затопление и подтопление, так и прибрежные неосушаемые мелководья.

Ряд озер (например, в Карелии и Мурманской области) были превращены в водохранилища [Литинская, 1961; 1976], что привело к изменению естественных режимов уровней в интересах хозяйственной деятельности человека (гидроэлектростанции, сплав леса, судоходство). Результатом изменений стало то, что в озерах-водохранилищах высший уровень воды отклонился от среднего многолетнего в среднем на 26%, а низший – в 2,52 раза. То же характерно и в отношении амплитуд: абсолютной, средней многолетней, наибольшей и наименьшей. Они в условиях водохранилищ возросли на 40-80% по сравнению с периодом, когда эти водохранилища были озерами. Таким образом, водохранилища отличаются от озёр тем, что статические колебания уровня воды существенно увеличиваются и обуславливаются не естественными причинами, а техническим регулированием.

Итак, периодическое затопление-осушение побережий водохранилищ осуществляется вследствие искусственного регулирования уровня в интересах различных водопользователей и эта периодичность, следовательно, не связана напрямую с метеоусловиями предыдущих и текущего сезона. Кроме того, характер изменений уровня режима водохранилища меняется год от года и связан, с текущими климатическими условиями, весьма опосредовано. Для каскада Волжских водохранилищ, например, это замечание особенно важно в связи с огромной протяжённостью (около 3000 км) этой взаимосвязанной гидротехнической системы и, соответственно, огромным разнообразием климатических условий и требований к режиму водопользования.

Диапазон и частота изменений уровня режима имеет определённые границы, определению которых и, соответствующих трансформаций ландшафтов побережья. Характерные уровни стояния воды (уровни сработки водохранилищ) обнаруживаются, по соответствующим изменениям, на регулярно обнажающемся побережье формируют – уступы в рельефе, сообщества влаголюбивой растительности, наносные почвы, зоокомплексы околородных животных [Балюк, 2007; Кутузов, 2011].

3.1.1. Уровенный режим Цимлянского и Рыбинского водохранилищ по данным многолетних наблюдений

Ежесуточные изменения уровня Рыбинского и Цимлянского водохранилищ за многолетний период представлены на графиках – Рисунок 34 и Рисунок 37. Здесь хорошо видны как внутригодовые (сезонные) пики и спады уровня стояния вод, так и многолетние: многоводные и маловодные периоды. Линии тренда за период на графике задают лишь общую тенденцию, которая у рассматриваемых водохранилищ разнонаправленная. По литературным и нашим данным, влияние на микро- и мезорельеф побережья, на состояние растительных сообществ оказывают даже значительные годовые колебания уровня, длительная же (многолетняя) тенденция приводит к значительной трансформации рельефа и смене доминант растительных сообществ береговой зоны. Почвы, в целом, мало изменяются даже за десятилетия, за исключением верхнего слоя наносов в околководной зоне.

Цимлянское водохранилище

Расположение гидрологических постов в зоне подпора Цимлянского водохранилища показано на рисунке (Рисунок 33). Встречающиеся в литературе данные об амплитуде уровня Цимлянского водохранилища 8 м, мы относим к верховьям Цимлянского водохранилища, фактически – области выклинивания подпора р. Дон, гидрологические посты: Голубинская, Герасимовский, Трехостровской. Здесь уровень воды в межень также может упасть до значений: 31 м – 33 м, но в паводок превысить 39 м – 41 м (обеспеченность уровня 5%) [Приказ Федерального агентства водных ресурсов от 2 июня 2016 г], у плотины же уровень не может превышать ФПУ – 38,0 м БС.

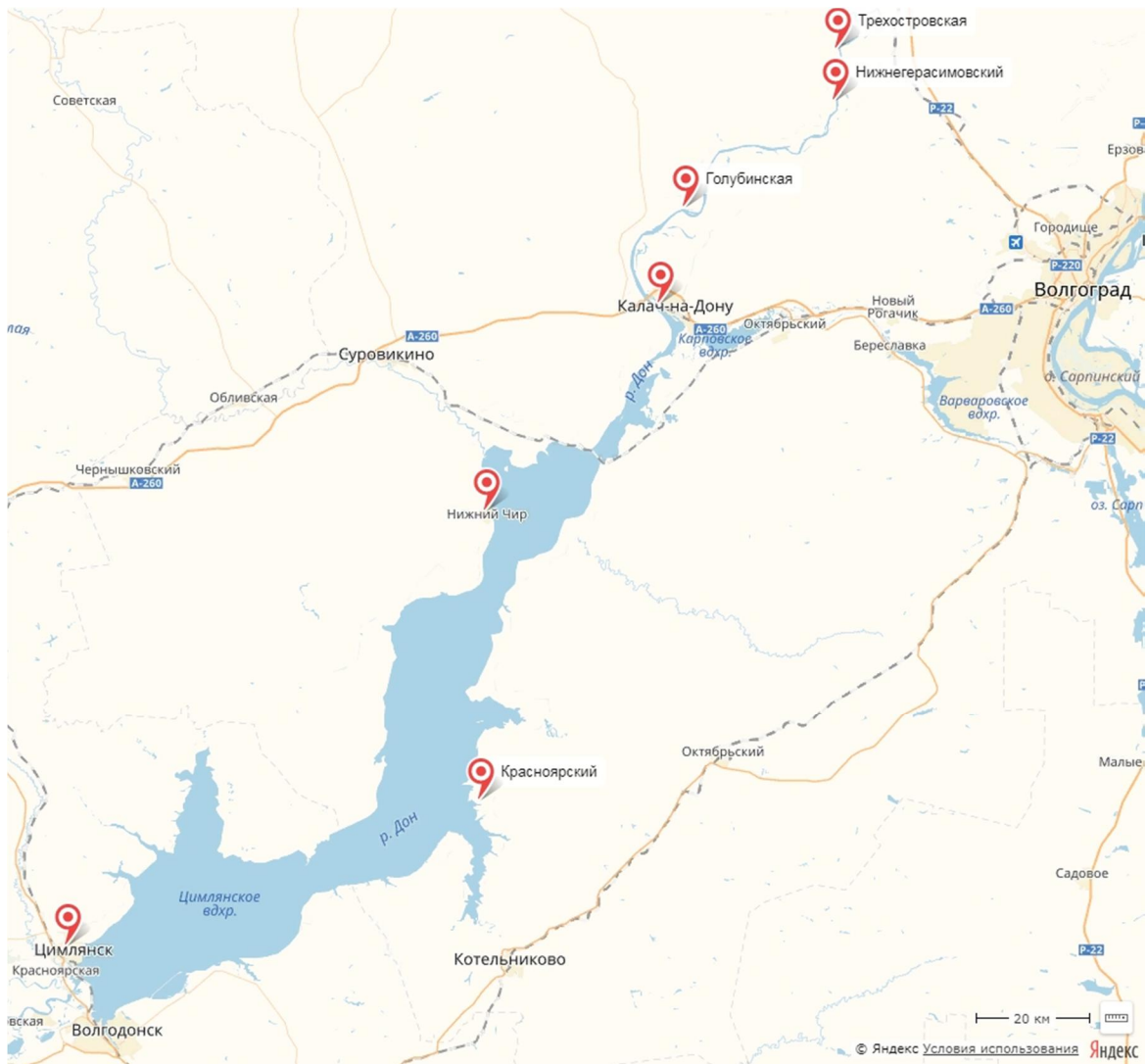


Рисунок 33 – Расположение гидрологических постов в зоне подпора Цимлянского водохранилища.

На основе данных гидрологических постов из разных источников официальных данных сформирован график уровня и амплитуда суточных колебаний Цимлянского водохранилища за период более 20 лет – Рисунок 34.

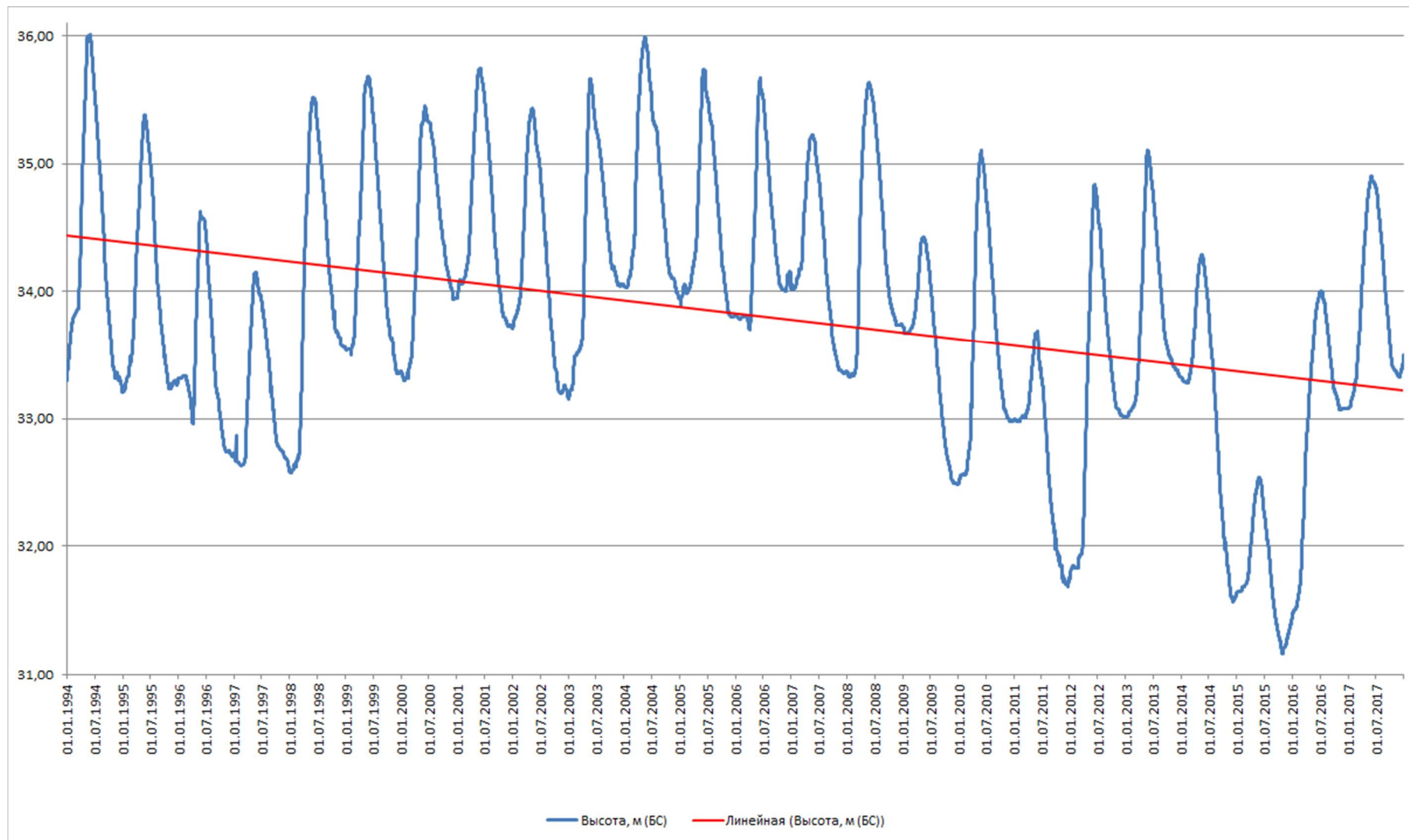


Рисунок 34 – График уровня и амплитуда суточных колебаний Цимлянского водохранилища за период более 20 лет (по данным из разных источников. Исправленные и дополненные. (*))

(*) Данные ряда источников.

1) Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
Федеральное агентство водных ресурсов Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО)

2) Информационно-аналитический Центр Регистра и Кадастра

3) Данные управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища (ФГУ «УВРЦВ») РосГидроМет.

Средние данные Цимлянского водохранилища указаны за период с 1994 по 2017 гг. (24 года) и близки к средним многолетним за весь период наблюдений, начиная с 1953 г. (Рисунок 35).

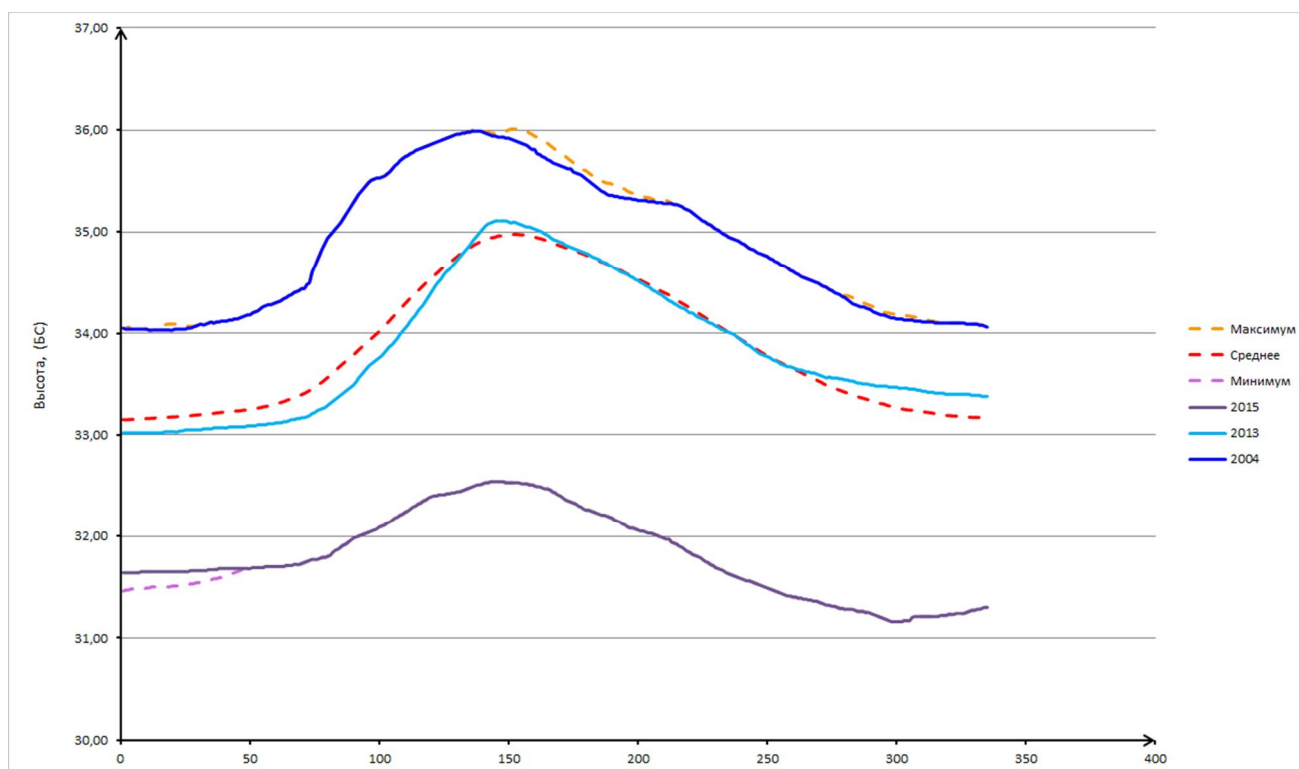


Рисунок 35 – Средние данные Цимлянского водохранилища указаны за период с 1994 по 2017 гг. (24 года) и близки к средним многолетним за весь период наблюдений, начиная с 1953 г. По оси абсцисс – указан день года.

Диапазон колебаний за период 1994 по 2017 для гидрологического поста (гидрологический пост «Цимлянский») не достигал максимально допустимого уровня: 38 м (БС) – форсированный подпорный уровень (ФПУ). Но достигал лишь, дважды за этот период, 36 м: высота нормального подпорного уровня (НПУ), вероятность превышения которого, в половодье, равна 0,1%. Понижение уровня водохранилища достигало практически минимально возможных значений: 31 м – уровень мёртвого объёма (УМО). Данные уровни указаны в технической документации для Цимлянской ГЭС [Приказ... 2016, № 114] – “Об утверждении Правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища”. Итоговая амплитуда уровней: 5 м соответствует проектной документации.

Рыбинское водохранилище

Аналогичные гидрологические показатели Цимлянского и Рыбинского водохранилища графически сходны (Рисунок 37): прослеживаются модуляции многолетних колебаний уровня – наложение годовых колебаний на многолетние тренды изменений уровня воды.

Уровни воды гидрологический поста Рыбинский, а также, гидрологических постов: Брейтово, Череповец, Весьегонск, Мякса, Борок (Дарвинский заповедник), расположенных по периметру зеркала водохранилища примерно совпадают – отметка нуля 95,00 м (БС) также одинакова для этих гидрологических постов – Рисунок 36.

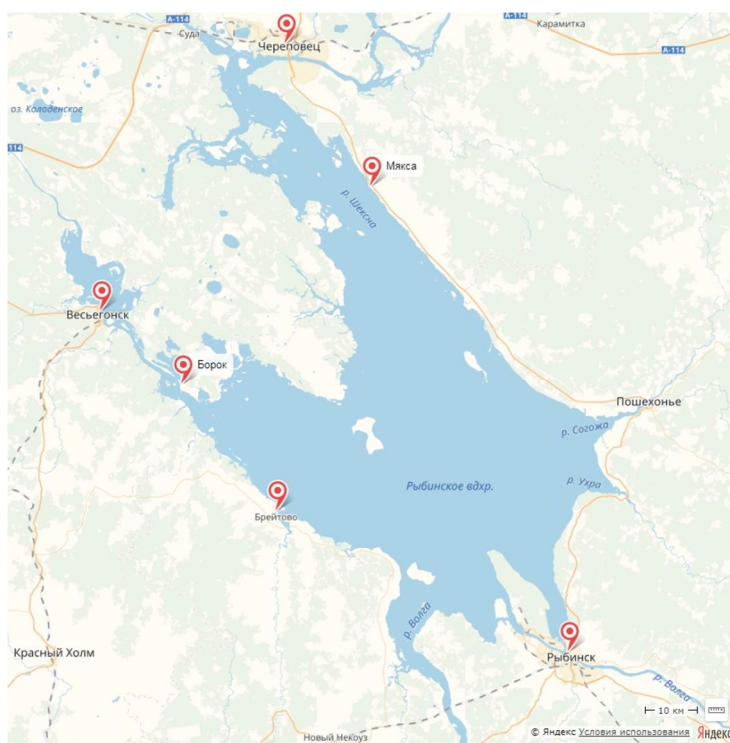


Рисунок 36 – Расположение гидрологических постов в зоне подпора Рыбинского водохранилища.

По нашим данным (приложения: ход уровней постов) различия здесь обычно в пределах 10 см (в приплотинной части уровень ниже верховий) даже в период весеннего половодья, если сток плавно нарастает. Примерно такие же данные по колебанию уровня в результате сгонно-нагонных и сейшевых явлений. Поэтому, с удовлетворительной точностью – средние колебания уровня в пределах 10 см можно считать данные измерений на этих гидрологических постах идентичными, взаимозаменяемыми, не требующими пересчётов.

Для Рыбинского водохранилища максимальная технически возможная отметка наполнения водохранилища ФПУ – 103,81 м; НПУ – 101,81 м и УМО – 96,91 м Диапазон колебаний за период 2001 по 2017 для гидрологического поста (гидрологический пост) «Рыбинский» – не достигал максимально допустимого уровня: ФПУ – 103,81 м. По имеющимся данным: в период 1970 – 2017 уровень незначительно превышал отметку 102 м лишь 5 раз: 1970; 1979; 1986; 1995; 2012 и гораздо чаще не достигал НПУ: 22 года за тот же период. Ежесуточные данные (с 2001 г.) по уровню Рыбинского водохранилища представлены на графике – Рисунок 37.

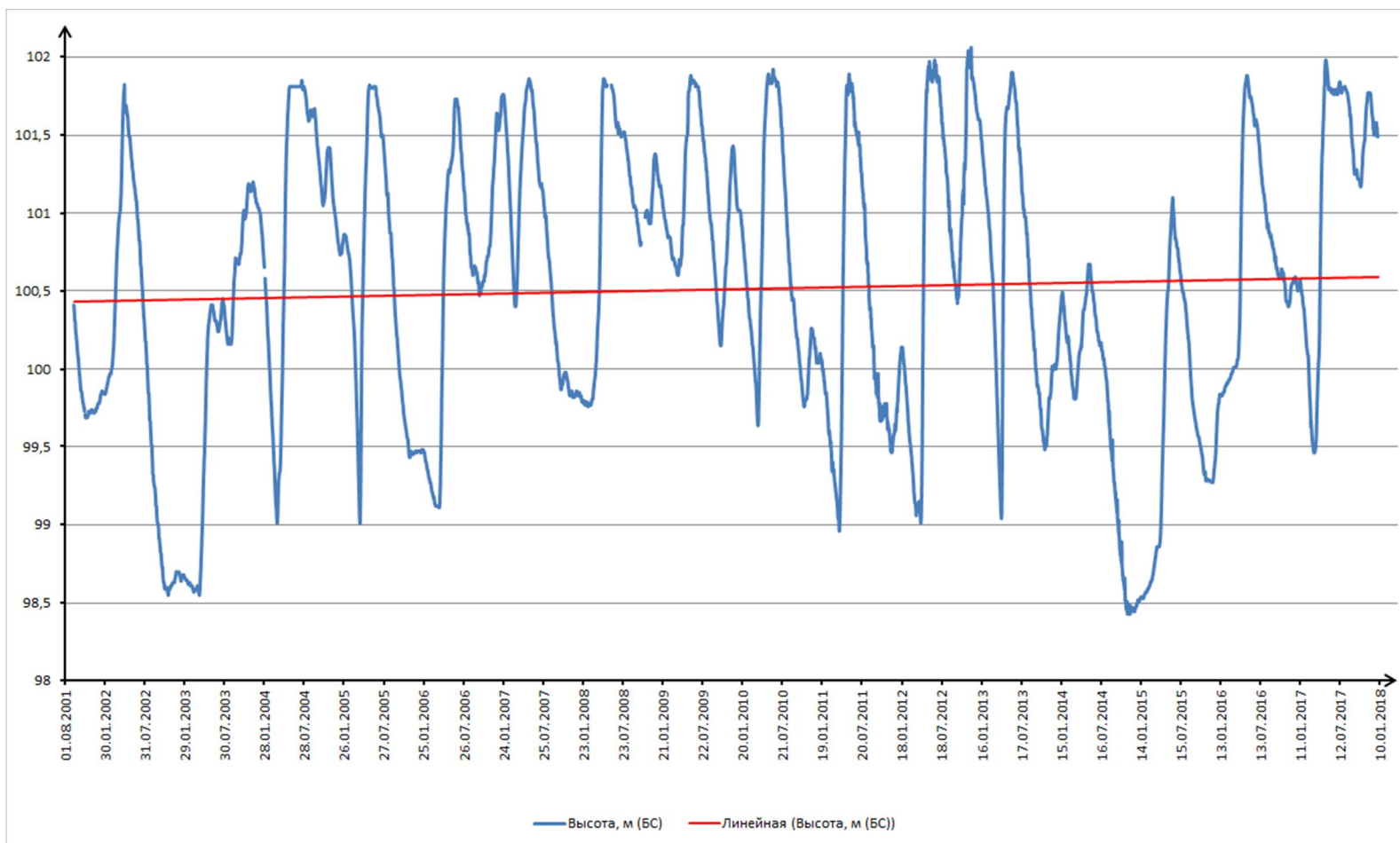


Рисунок 37 – График уровня и амплитуда суточных колебаний Рыбинского водохранилища более чем за 15-летний период (скорректированные данным разных источников) ФПУ – 103,81 м, НПУ – 101,81 м, УМО – 96,91 м: Свободная ёмкость – 8897 млн. куб. м (*).

(*) Данные ряда источников.

1) Группа «РусГидро» – российский энергетический холдинг
<http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/>

2) Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
Федеральное агентство водных ресурсов Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО)

3) Информационно-аналитический Центр Регистра и Кадастра

4) Литературные данные служб мониторинга – «Гидрометеоздат»
[Гидрометеорологический режим озер; Ежегодные данные]

5) [Водохранилища, 1975]

В сравнении с максимальным диапазоном зафиксированных колебаний уровня (1947 – 2017) данные последнего 18-летнего периода имеют меньшую амплитуду колебаний. В целом с 1995 года (22 года) – амплитуда колебаний уменьшилась (Тенденции многолетнего хода уровня...) более чем на 1,5м (с 5,79м до 3,92м) за счёт увеличения уровня в периоды низкой воды, максимальные же отметки сохраняют сравнительное постоянство – Рисунок 38 и Рисунок 39, Приложение Рисунок 59.

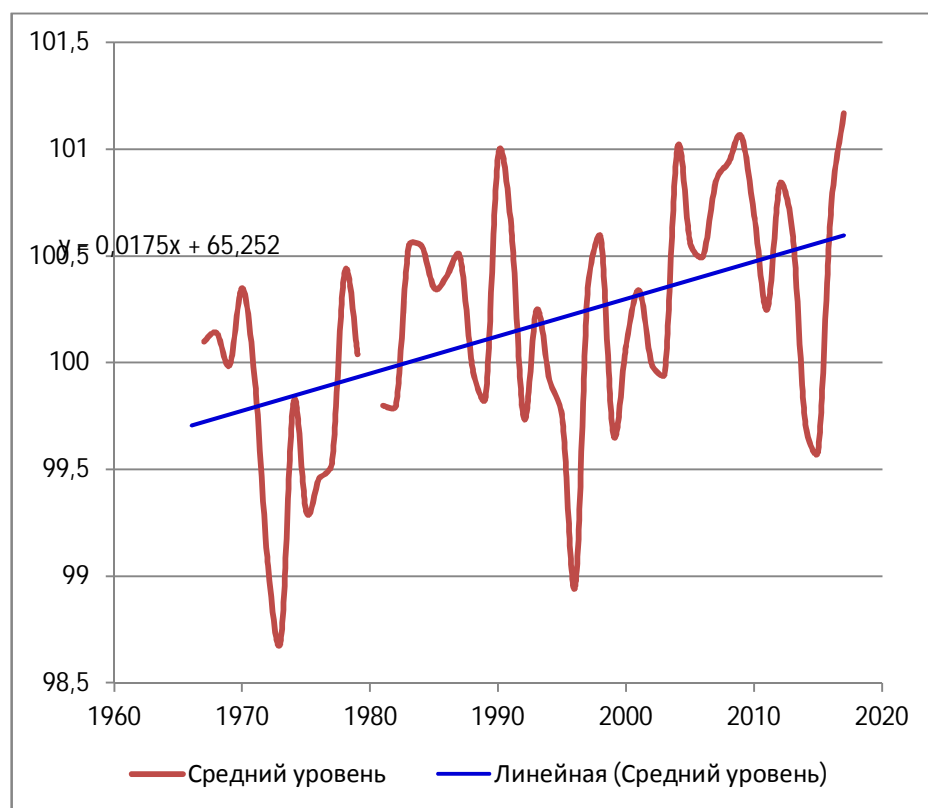


Рисунок 38 – Тренд нарастания полноводности Рыбинского водохранилища – среднегодовые значения, за счёт увеличения уровня в периоды низкой воды.

22-летний период, относительной стабилизации амплитуды колебаний уровня водохранилища, достаточен для формирования соответствующих изменений не только в травянистых фитоценозах, но в древостое побережья. Берёза, осина, разные виды ивы формируют высокие заросли и молодой лес высотой до 10 м [Колесников Диагнозы и ключи, 1974].

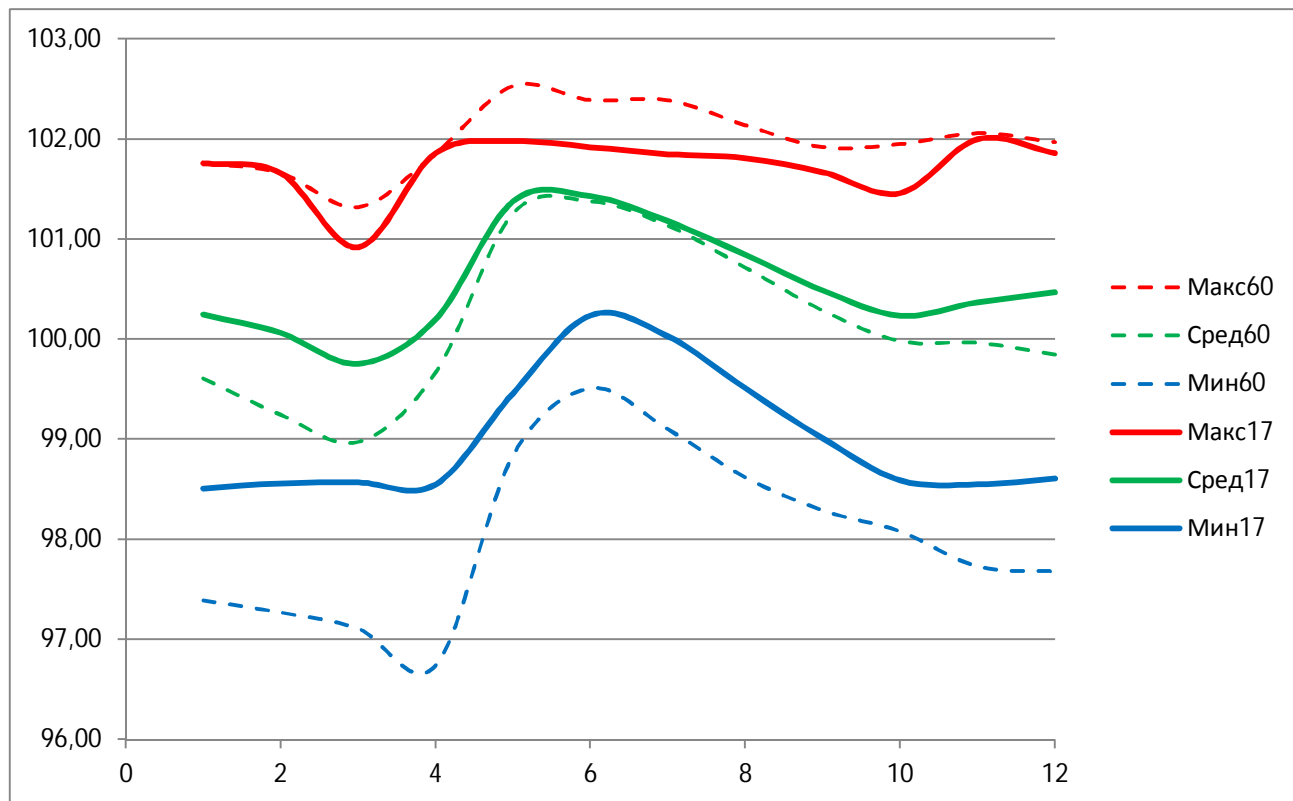


Рисунок 39 – Рыбинское водохранилище. «Данные 60» (за период) 1957-2017 и «данные 17» (за период 2001-2017). (Таблица 1 Характерные и критические уровни Рыбинского водохранилища за 1947 – 2017 гг.).

Диапазон годовых колебаний уровня Рыбинского водохранилища, для 2 контрастных по уровню наполнения водоёма лет (2015 и 2017), близок к многолетним значениям: максимум и минимум на каждую дату уровня – Рисунок 40. Поэтому с определёнными оговорками можно использовать данные ДЗЗ этих лет для характеристики всего периода в многоводные и маловодные годы.

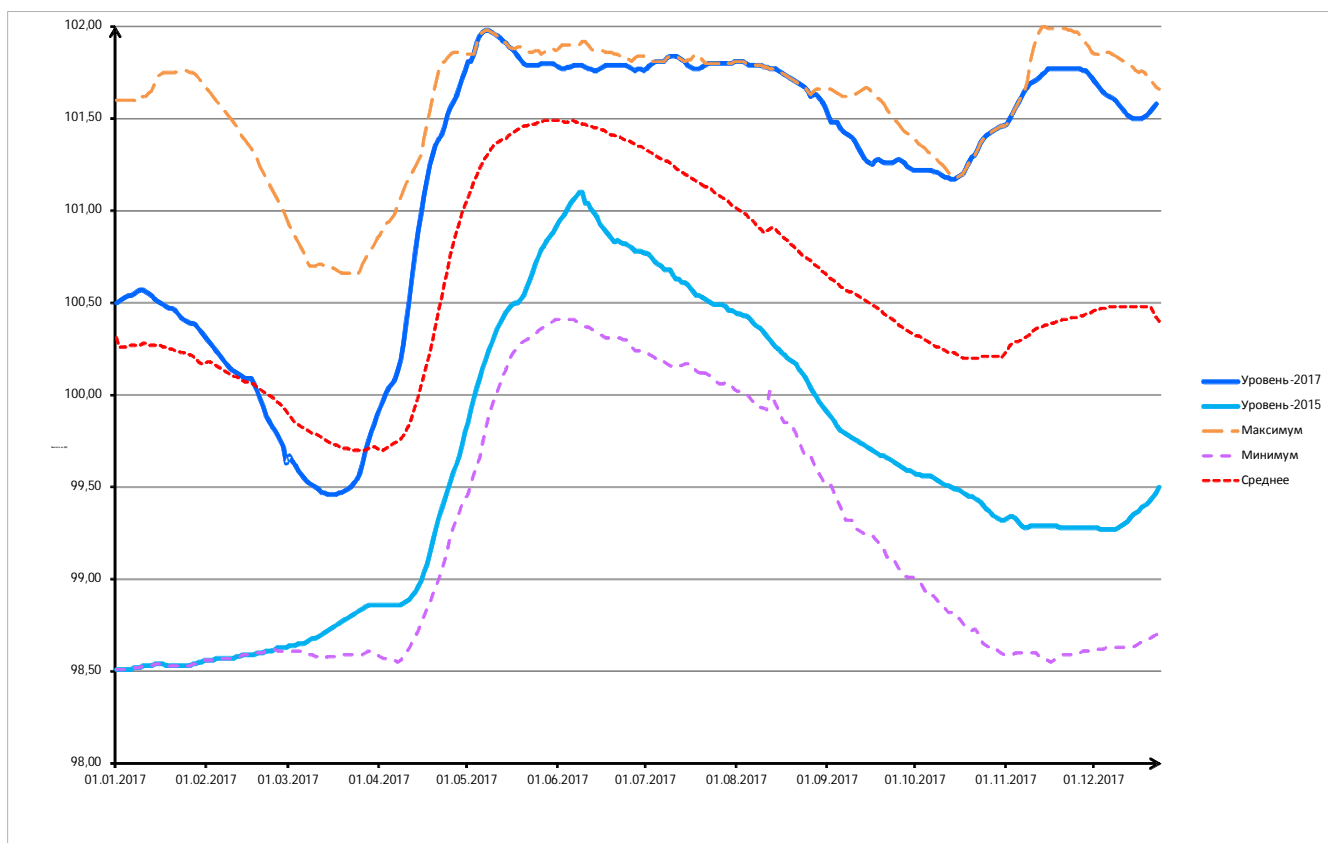


Рисунок 40 – Рыбинское водохранилище. Многолетние уровни за период 2001 – 2017 гг. Средние данные близки к средним многолетним за период наблюдений, начиная с 1970 г. Для 2015 г. и 2017 г. отображён суточный ход уровня.

Воздействие уровня режима Цимлянского и Рыбинского водохранилища на известные факторы окружающей среды

Водоохранилище – это искусственный водоем, созданный для накопления и последующего использования воды и регулирования стока рек, таким образом – водохранилища представляют собой природно-технические системы. Одна из важнейших целей создания водохранилищ – регулирование речного стока: в первую очередь это чрезвычайно большая многолетняя сезонная неравномерность стока рек, такие значительные колебания речного стока нередко ведут к опустошительным наводнениям в одни периоды и к резкой нехватке воды – в другие. Водоохранилище сглаживает, выравнивает годовой сток, регулируя сброс аккумулированной воды в гидроузле на плотине. Однако, как и всякое мощное вмешательство в уже сложившиеся сложные системы, в экосистемы – решение прежних проблем, влечёт за собой возникновение новых [Чеботарев, 1975; Авакян, 1987].

Основные известные отрицательные моменты, связанные с функционированием водохранилищ

1. Создание и эксплуатация водохранилищ вызывают изменения в природе и хозяйстве речных долин, на прилегающих к ним территориях, в долинах ниже плотин, в приустьевых участках морей и озер.

2. Подпертые плотиной воды разливаются иногда на сотни – тысячи километров, затопляя плодородные земли, с/х угодья, населенные пункты.

3. **Подпор подземных вод, их уровень значительно повышается**, что вызывает засоление верхних слоёв почв. В прибрежной полосе суши – подъем уровня грунтовых вод ведет к подтоплению и заболачиванию части прибрежных территорий, что в свою очередь сказывается на строениях и сооружениях.

4. **Разрушение берегов.** При создании водохранилищ нарушается динамическое равновесие и начинается размыв, обрушение, оползание и аккумуляция отложений. На большей части побережий водохранилищ идет переформирование берегов, их подмыв. Происходят просадки, оползни. Ведущий гидродинамический фактор – ветровое волнение. Активизация экзогенных геологических процессов – эрозии, оползней, суффозии, карста и другие.

5. **Климат. Весной водохранилища оказывают охлаждающее влияние** на прилегающие территории, а во второй половине теплого периода – отепляющее. Под воздействием водохранилищ уменьшается континентальность климата. Создание огромных водных просторов ведет к значительному увеличению скорости ветра, формированию местной системы ветров, возникают бризы.

6. Создание водохранилищ часто приводит к значительному изменению почв и растительного покрова прилегающей прибрежной зоны. Так в зоне периодического затопления формируются болотные и торфяно-глеевые почвы. Для зоны умеренного подтопления характерен процесс олуговения подзолов.

7. Под влиянием изменения микроклимата происходят изменения на побережье: в почвенном покрове, растительном и животном мире. В аридных областях водохранилища играют роль оазисов и оказывают благоприятное влияние на разнообразие и обилие животного и растительного мира. В районах выклинивания подпора водохранилища на реке и ее притоках сохраняются прежние пойменные местообитания, что приводит к вынужденной миграции животных. В трансформированных водохранилищем долинах притоков тенденция к формированию зон повышению численности и миграционной активности млекопитающих.

8. **Нарушаются условия жизни для ценных рыб.** Нарушение гидрологического режима рек, плотинами и водохранилищами, **приводит к засолению и эвтрофикации водохранилищ.** Среди наиболее заметных отрицательных проявлений – «цветение воды» водохранилищ, вызванное в основном сине-зелеными водорослями. В условиях равнинных водохранилищ бурное развитие этих водорослей вызвано резким ослаблением течения, повышенной прозрачностью вод, высоким содержанием в воде органического вещества и активным поступлением биогенных элементов.

Проявление известных общих закономерностей равнинных водохранилищ на исследуемых объектах

Рыбинское водохранилище

Рыбинское водохранилище оказывает влияние на климат окружающей территории, оно минимум **на неделю задерживает сезонные явления**: вероятность заморозков сохраняется до 15 июня, в обширной прибрежной полосе период активного роста трав и деревьев сократился на 4-5 дней [Вендров, Дьяконов, 1976].

Повышенная влажность на водохранилище и его берегах приводит **к частым и густым туманам летом, зимой – часто бывает изморозь.**

Рыбинскому водохранилищу свойственны **всплывшие торфяные острова, встречающиеся только на искусственных водных объектах.** Плавающие торфяники появляются при затоплении болот, в изменившихся условиях болотные газы поднимают мощные пласты; торфа [Калецкая, 1988; Колкутин, 1979].

Режим подтопления грунтовыми водами, создаваемый водохранилищем, сказывается на прибрежных лесах. Для сосновых боров, расположенных на возвышенностях, подъем уровня сказывается положительно. Корням доступно больше влаги и ежегодный

прирост древесины увеличивается. В условиях Дарвинского заповедника, находящегося на северном побережье, подъем уровня грунтовых вод трансформирует леса: около 80% площади лесов заповедника заболочены или заболачиваются.

Протяжённость абразионных берегов оценивают в 150 км (около 7% общей протяжённости), **потери земель от переработки берегов** – 30 км² (около 0,7% площади водного зеркала); максимальная ширина зоны абразии берегов (отступления берега) на отдельных участках достигала 100–150 м [Салтанкин инт.-энцикл. Рыбинское ...; Рыбинское ..., 1972].

Цимлянское водохранилище

Серьезные экологические проблемы обусловлены **загрязнением воды** хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами – ежегодное **интенсивное развитие сине-зелёных водорослей** (цветением воды), вплоть до нарушения нормальной работы водозаборов; интенсивными процессами береговой абразии, т.е. разрушения берегов; **недостаточными объёмами подачи воды в нерестовый период в пойменные водоёмы Нижнего Дона**, где воспроизводится более 60% запасов наиболее ценных видов рыб – проходных и полупроходных (осетровые, судак, сельдь) и около 70% донских не мигрирующих рыб [Салтанкин инт.-энцикл.; Бакаева и др., 2012].

В результате **абразии (переработки) берегов** длина их заметно сокращается – **сглаживаются очертания**. Протяжённость линии берегов Цимлянского водохранилища за первые пять лет существования сократилась на 16%, а в последующие пять лет – еще на 8% от первоначальной длины [Вендров и др., 1968.].

3.2. Зонирование побережья

Известные данные о районах воздействия водохранилищ. Обычно выделяют следующие общие районы воздействия водохранилищ на окружающую среду:

- 1) прилегающая территория в верхнем бьефе;
- 2) долина реки ниже плотины;
- 3) участки водохозяйственного влияния (орошаемые массивы).

Негативное воздействие водохранилищ (при строительстве и эксплуатации) на окружающую среду. По характеру изменения почвенного и растительного покровов разные источники [Авакян, 1987; Авакян, Широков, 1982; Буторин, 1969; 1974; Вендров 1968; 1976] выделяют несколько последовательно сменяющихся зон:

1. постоянного,
2. периодического и
3. эпизодического затопления;
4. заболачивания;
5. сильного, умеренного и слабого подтопления;
6. активного и
7. эпизодического климатического влияния.

Ширина отдельных зон колеблется от нескольких метров до нескольких километров.

Малоизвестные данные о последствия функционирования водохранилищ и точность определение зон их влияния на побережье.

1) Картографически точное крупномасштабное зонирование побережий и мелководий. Отсутствуют, как правило, актуальные картографические данные, необходимые для научно-обоснованных прогнозов и расчётов; для полевых (натурных) исследований побережий крупных водохранилищ и для практических решений.

2) Количественные (статистические) параметры уровня режима водохранилища, оказывающие основное влияние на прибрежные территории. Неизвестна связь количественных значений гидрологического влияния (высота, длительность и периодичность заливания; изменения сезонные и межгодовые) на прибрежные экосистемы и динамики этих экосистем.

3) Динамика зон переходных территорий побережий, в зависимости от уровня режима. Неизвестны сезонные и межгодовые изменения границ разнотипных переходных водно-наземных территорий побережья водохранилищ в зависимости от уровня режима и его критических показателей.

4) Мониторинговые электронные карты переходных территорий побережий. Отсутствует актуальное полномасштабное картографирование побережья с определением границ гидрогенного влияния, мониторинговые электронные карты переходных территорий побережий Рыбинского и Цимлянского водохранилищ.

Способы определения (критерии, индикаторы) воздействия уровня режима на экосистемы береговой зоны

Режим увлажнения (гидрологический фактор) среды – оказывает влияние на экосистемы в первую очередь **через почвы и растительность**, как средообразующую биотическую компоненту экосистемы, что подтверждают и наши натурные исследования [Балюк, 2007; Кутузов 2011, Кутузов 2013]. Поэтому период наибольшей сезонной биологической активности растений – вегетационного сезона – является определяющим временем влияния уровня

режима водохранилища. Ориентировочные сроки: с апреля по октябрь (наибольшая активность: май–август). В степной (аридной) зоне – Цимлянское водохранилище, июль–август могут быть слишком сухими и тогда, после дождей, возникает второй пик вегетационной активности в сентябре-октябре.

Вегетационный период – время наибольшей уязвимости растений к факторам окружающей среды, в том числе к гидрологическому фактору. Выдерживая кратковременные осушения-затопления, растения гибнут при длительном уклонении водного фактора за пределы диапазона устойчивости конкретных видов, что приводит к направленной динамике (или многолетним флуктуациям) растительного сообщества. Животные в подобных ситуациях стремятся переместиться на более благоприятные участки территории, формируя динамичные сообщества (зоокомплексы) – кратковременные или стабильные, в соответствии текущей ситуацией. Присутствие или отсутствие определённых видов в наблюдаемых сообществах является характеристикой состояния такого важного фактора среды, как гидрологический фактор. Периодическая фиксация состояния растительных сообществ (или регулярный сезонный мониторинг) – источник данных о стабильности, физиологически важных гидрологических показателях, фитоценозы – индикатор экологических параметров уровня режима.

Для определения и выбора характерных и экстремальных уровней Рыбинского водохранилища были проанализированы различные данные уровня режима за ряд периодов существования водоёма – Таблица 10, Таблица 12, Таблица 13, Таблица 14. Основой для этих таблиц послужили, упоминавшиеся ранее, литературные сведения и материалы интернет-ресурсов. Материалы этих таблиц представлены графически (в разделе 3.3).

Таблица 10. Типичные среднегодовые значения уровня Рыбинского водохранилища за период 1948 – 2018 гг.

1948 – 2018	Макс	Сред	Мин
среднее	101,66	100,18	98,49
медиана	101,82	100,20	98,54

В таблице (Таблица 11) приведены экстремальные уровни Рыбинского водохранилища 1948-2018.

Таблица 11. Зарегистрированные исторические экстремумы за весь период наблюдений относятся к периоду 1952-1955 гг. [Водохранилища..., 1975]

МИН	96,74	1952	15.апр
МАКС	102,53	1955	20.май
Амплитуда максимальная	5,79м	-	-

Средние многолетние значения в таблице (Таблица 12) незначительно скорректированы с учётом новых данных до 2018 г.

Таблица 12. Уровни Рыбинского водохранилища за 1948 – 2018 гг.

Уровень/ месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ср. много- летняя
Макс	101,68	101,35	100,68	101,66	102,53	102,20	102,12	101,90	101,85	102,10	101,70	101,44	101,90
Мин	97,62	97,00	96,79	96,74	99,49	99,68	99,40	98,87	98,48	98,29	98,00	97,81	98,21
<i>Средн.</i>	<i>99,45</i>	<i>99,03</i>	<i>98,70</i>	<i>99,43</i>	<i>101,21</i>	<i>101,40</i>	<i>101,18</i>	<i>100,81</i>	<i>100,44</i>	<i>100,12</i>	<i>100,05</i>	<i>99,87</i>	100,02
Ампл.	4,06	4,35	3,89	4,61	2,73	2,52	2,72	3,03	3,37	3,81	3,70	3,63	3,69

Для сравнения – значения стояния вод водохранилища вегетационного сезона для последнего периода относительной стабилизации уровня (2001-2020 гг.). Средние сезонные значения очень близки для этих периодов, чего нельзя сказать о критических – минимальных и максимальных значениях (Таблица 13).

Таблица 13. Сезонные значения уровня Рыбинского водохранилища за период 2001 – 2020 гг.

Месяц	Максимум	Среднее	Минимум
май	102,0	101,4	99,5
июнь	102,0	101,5	100,2
июль	101,9	101,2	100,0
август	101,9	100,8	99,5
Минимум сезона	101,9	100,8	99,5
Среднее сезона	102,0	101,2	99,8
Максимум сезона	102,0	101,5	100,2

Для предельных значений уровня Рыбинского водохранилища использован весь массив суточных данных за рассматриваемый период. В последние 2 десятилетия, годовые значения уровня относительно стабильны – максимальная годовая амплитуда: 3,63м, что на 2,16м (37%) меньше, чем за весь период наблюдений (Таблица 14).

Таблица 14. Годовые значения уровня Рыбинского водохранилища за период 2002 – 2018 гг.

макс	102,06
мин	98,43
среднее	100,52
медиана	100,57

Для Цимлянского водохранилища построены и рассчитаны аналогичные таблицы, с ключевыми расчётными данными сезонных уровней стояния вод (Таблица 15).

Таблица 15. Сезонные значения уровня Цимлянского водохранилища за период 1994 – 2017 гг.

Месяц	Максимум	Среднее	Минимум
Май	36,01	34,83	32,40
Июнь	36,01	34,96	32,26
Июль	35,56	34,64	31,97
Август	35,28	34,24	31,56
Минимум сезона	35,28	34,24	31,56
Среднее сезона	35,72	34,67	32,05
Максимум сезона	36,01	34,96	32,40

В виду более продолжительного активного вегетационного периода степного региона, рассмотрены данные с апреля по сентябрь. Существенных изменений в итоговые численные значения это не вносит, но этот вариант набора данных представляется более корректным (Таблица 16).

Таблица 16. Расширенный диапазон сезонных значений уровня Цимлянского водохранилища за период 1994 – 2017 гг.

Месяц	Максимум	Среднее	Минимум
Апрель	35,86	34,17	31,99
Май	36,01	34,83	32,40
Июнь	36,01	34,96	32,26
Июль	35,56	34,64	31,97
Август	35,28	34,24	31,56
Сентябрь	34,83	33,81	31,33
Минимум сезона	34,83	33,81	31,33
Среднее сезона	35,59	34,44	31,92
Максимум сезона	36,01	34,96	32,40

Для выявления предельных значений уровня водохранилища использован весь массив суточных данных за рассматриваемый период (Таблица 17).

Таблица 17. Годовые значения уровня Цимлянского водохранилища за период 1994 – 2017 гг. с корректировкой пропуска данных гидрологических постов.

макс	36,01
мин	31,16
среднее	33,83
медиана	33,81

В гидрологической практике редко применяют математические функции распределения теории вероятностей, обычно достаточно построения эмпирических функций. Основными статистическими характеристиками колебания уровней для каждого поста служат таблицы и графики повторяемости и обеспеченности ежедневных и характерных уровней воды, а также типовой график колебания уровней воды за многолетний период [Гладков и др., 2011].

К числу характерных уровней в течение года в практической гидрологии часто относят следующие [Водохранилища..., 1975; Буторин..., 1969; Михайлов и др., 2005]:

1. максимальный уровень весеннего половодья;
2. минимальный уровень летней межени;
3. минимальный уровень за зимний период;
4. уровни весеннего и осеннего ледоходов;
5. максимальные уровни летних и осенних паводков;

б. максимальный и минимальный навигационные уровни воды.

Также для обобщённых характеристик в гидрометрии часто используют ряд показателей, в том числе: повторяемость и обеспеченность уровней воды гидрологического объекта. **Повторяемость** уровней показывает, сколько времени в течение года (или иного периода) наблюдались уровни различной высоты. Повторяемость уровней L выражается обычно в днях или в процентах от продолжительности периода времени, для которого она определяется. **Обеспеченность** уровней – это общее время стояния уровней воды не ниже заданного значения и её также выражают в процентах от продолжительности рассматриваемого периода (месяца, навигации, года) – $P\%$. Формальными показателями обеспеченности гидрологической характеристики (инженерно-гидрологические изыскания) принимают следующие: для многоводных лет, периодов, сезонов и месяцев - 1%, 3%, 5%, 10% и 25%; для маловодных лет, периодов, сезонов и месяцев - 75%, 90%, 95%, 97% и 99%, для средних по водности лет – 50% [СП 33-101-2003].

Для определения экологически значимых (функциональных) уровенных режимов водохранилища нами предложено использовать иные характеристики уровней, которые часто близки к используемым в практической гидрологии, но не совпадают с ними. В главе 3.3 подробно рассматриваются экологические основания такого выбора: теоретические и практические (данные полевых исследований). Рассмотрено выделение блоков переходной зоны с учётом вышеупомянутых характеристик и на основе типичных (средних многолетних) и критических уровней водохранилища. Здесь основанием выбора экологически значимых уровней является состояние экосистем, которые оценивались, в первую очередь, по структуре фитоценозов, рельефу, почвенному профилю и, дополнительно, отмечались характерные прибрежно-водные зоокомплексы.

3.2.1. Картирование пространственное распределения участков переходных ландшафтов на побережье на основе дистанционных данных

Рыбинское водохранилище. Для выявления критических, ключевых уровней стояния вод водохранилища, которые определяют состояние переходной зоны взаимодействия контрастных экосистем «вода-суша», были использованы данные по заливанню высотных отметок – график уровня (см. рисунок – Рисунок 48). Типичный максимум (для Рыбинского водохранилища) в данном случае равен нормальному подпорному уровню (НПУ), значение которого составляет 101,81 м БС – гидрологическая обеспеченность уровня около 5% для среднемесячных значений. Пространство, периодически затапливаемое, определялось в этом

случае по имеющимся данным ДЗЗ на период соответствующего уровня водохранилища (график уровня см. Рисунок 37) округлённо: 99м – 100м – 101м – 102м. Так как препятствием для равномерного продвижения воды вглубь суши, на каждом выбранном уровне, являются особенности рельефа – потребовалась серия снимков ДЗЗ (за соответствующие периоды), где можно определить контуры открытой воды. Таким образом, в полуавтоматическом режиме был определён и рельеф прибрежной зоны – как линии уступов для каждого выбранного уровня (Рисунок 41).

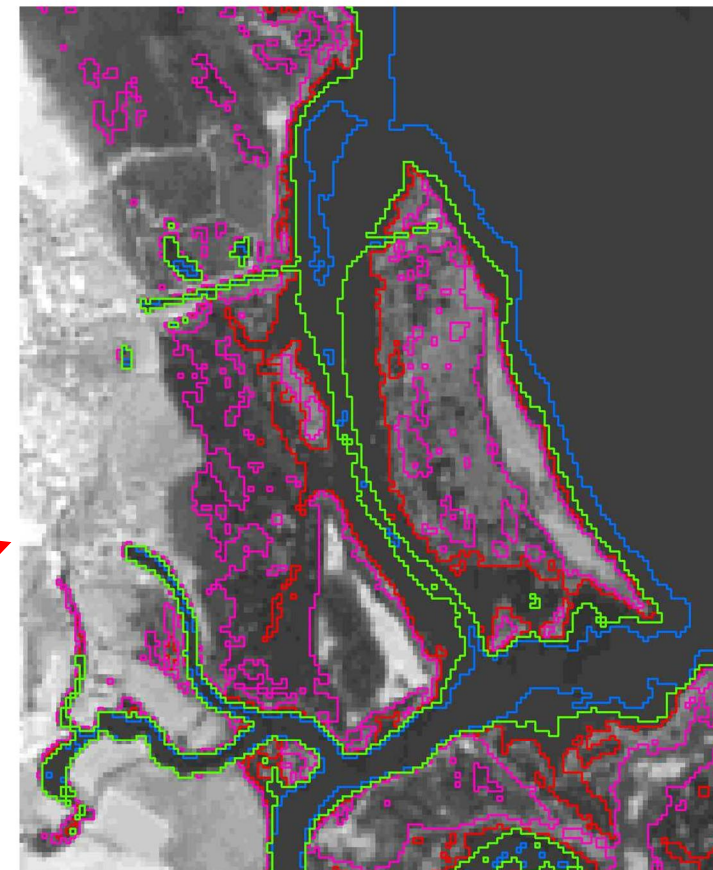
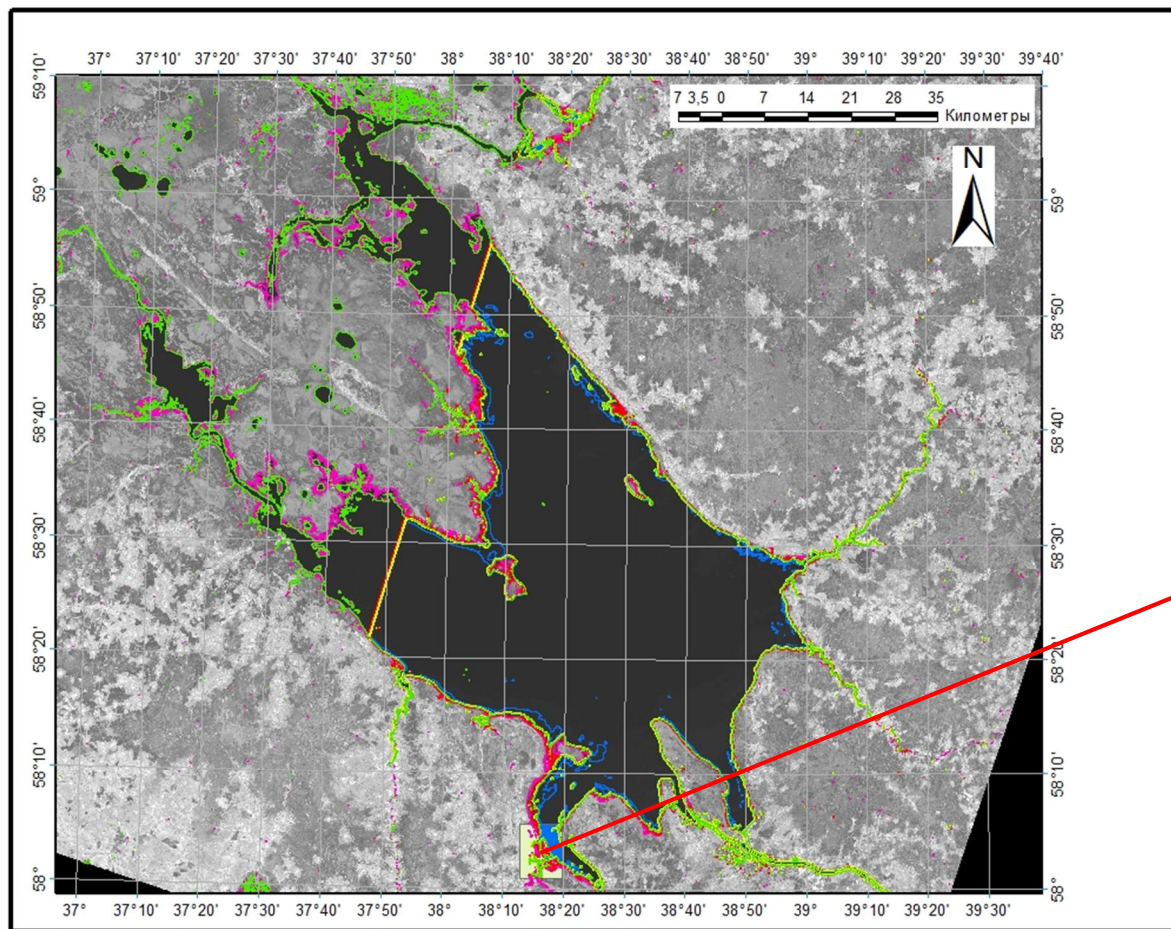
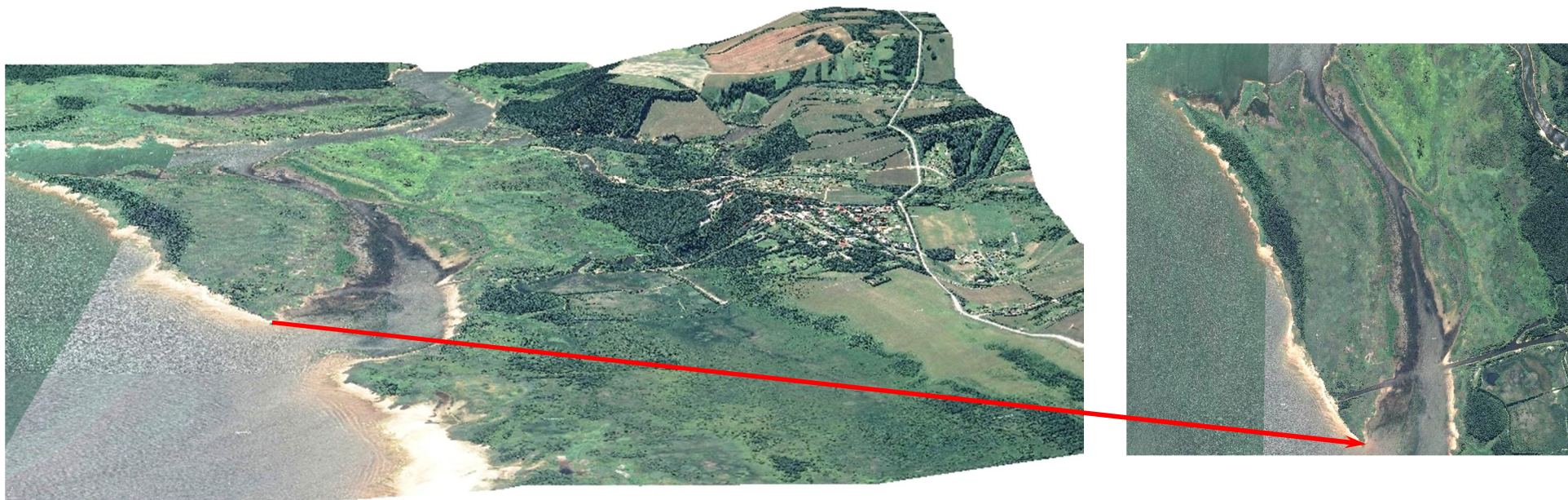


Рисунок 41 – Рыбинское водохранилище. Вычислены морфометрические характеристики исследуемых водных объектов с высокой точностью, при использовании данных ДЗЗ в ГИС «Акватерра» для обработки и анализа пространственных данных. И округлённо: 99м – 100м – 101м – 102м: синим, зелёным, красным, розовым – соответственно. На рисунках – снимки (ДЗЗ Landsat-8): а) всё водохранилище , б) фрагмент – о. Радовский. Чёрным цветом на снимках (инфракрасного диапазона) – вода.



а)

б)

Рисунок 42 – а) 3D цифровая модель рельефа (ЦМР) по нашим высотным данным рельефа побережья, дополненные топографическими высотными данными. Окрестности п. Борок и о. Радовский. б) та же территория на снимке высокого пространственного разрешения.

Масштабы такого переходного пояса сопряжения экосистем могут измеряться километрами для пологих побережий (в наших исследованиях до 3,5 км) или практически отсутствовать – для крутых, обрывистых берегов. В прибрежной зоне формируется мозаика территорий, в соответствии с положением в рельефе: часто образуются острова, часть из них, при определённом уровне воды, так же могут быть затоплены (Таблица 18). На этих местных возвышенностях формируются свои биокомплексы, характерные фитоценозы. Число основных типов мозаики территорий в переходной зоне ландшафтов суши мы принимаем равным 4, в зависимости от гидрологического режима – в соответствии с 4 основными наземными блоками системы переходных зон ландшафта «вода–суша»: флуктуационный, динамический, дистантный и маргинальный блоки [Залетаев,1997; Balyuk et al., 2007].

Таблица 18. Площади затопления нескольких контрастных участков прибрежной полосы: защищённых мелководий и заболоченных территорий, сопряженных с Рыбинским водохранилищем (по результатам ГИС обработки данных ДЗЗ за 2013 – 2018 гг.).

Интервал высот, м	Суммарная S для о. Радовский, км ²	Суммарная S для о-вов Трясье, км ²	Суммарная S для о-ва Святовской мох, км ²	Суммарная S для залива Мшичинский, км ²	Суммарная S для о-вов Мякса, км ²
Менее 99	0,423	0,189	1,227	0,358	9,008
99–100	2,076	1,099	6,536	1,324	21,892
100–101	4,259	2,496	10,105	3,419	39,487
101–102	6,598	5,357	16,938	6,656	60,578

В целом по Рыбинскому водохранилищу получены картографически точные данные контуров побережья для разных уровней стояния вод водохранилища – получены высотные данные по всей линии побережья в диапазоне высот 99м – 102м (БС): НПУ – 101,81м. На основе этих материалов и высотных данных из других картографических источников построена картографическая цифровая модель рельефа (ЦМР) побережий в ГИС «Акватерра», основа для определения контуров блоков системы ЛВС. На основе ГИС модели, определены морфометрические параметры прибрежной зоны: площади затопления и объёмы аккумулярованной воды мелководий для диапазона 99м – 102м (БС) и для любого теоретического уровня стояния вод Рыбинского водохранилища в диапазоне от УМО – 96,91м ФПУ – 103,81м (БС).

По вычисленным нами данным, максимальная площадь водохранилища около 4,3 тыс. км кв. (уровень 101,8м – 101,9м – реальный НПУ). Это близко к литературным данным 4,58 тыс.

км кв. (для 102,0м – НПУ, указанный в литературе) – Таблица 19. Переходные территории занимают здесь от 3%, для средних многолетних уровней, до 16%, для редких критических уровней последнего 20-летнего периода, от площади зеркала вод.

Таблица 19. Площади затопления прибрежной полосы Рыбинским водохранилищем (по результатам ГИС обработки оптических данных ДЗЗ за 2013 – 2018 гг.).

Интервал высот, м	Суммарная озёрной части водохранилища, км ²	S S зоны заливания, км ²	Точный уровень, м БС	Доля от уровня НПУ
Менее 99	3659	-	99,2	84%
99–100	3902	243	100,2	89%
100–101	4220	561	101,2	97%
101–102	4361	702	101,9	100%

Альтернативный источник данных о высотах прибрежной зоны – радарная спутниковая съёмка SRTM, даёт сходные результаты вычисления площадей для уровня до 102 м, близкого к НПУ. Сравнение совпадающих территорий озёрной части Рыбинского водохранилища даёт для SRTM – **4498** км кв. и для Landsat – **4361** км кв., то есть отклонение равно +3% от данных ДЗЗ Landsat. Заметные отличия связаны: 1) с точностью данных SRTM абсолютная ошибка по высоте 6 м, а также 2) особенностями микро- и мезорельефа местности, которые препятствуют свободному перемещению водных масс временно затопленного и заболоченного побережья в водохранилище и таким образом не являются частью зеркала водохранилища (Таблица 20).

Таблица 20. Сравнительные площади переходных ландшафтов, сопряженных с Рыбинским водохранилищем – для разных высотных уровней (по результатам ГИС обработки данных ДЗЗ радарной съёмки – SRTM). Автоматическая обработка, без ручной коррекции данных.

Уровень, м (БС)	Озёрная часть, км кв.	Общая площадь, км кв.	Площадь суши, км кв.	Блок переходной зоны	Общая доля от уровня НПУ
99	4216	4268	0	Аквальный	97%
100	4379	4430	162	Флуктуационный	100%

101	4498	4566	298	Флуктуационный	103%
102	4652	4708	440	Динамический	107%
105	5132	5341	1073	Дистантный	118%
110	6812	7207	2939	Маргинальный	156%

В границах Рыбинского водохранилища, определённых по плотинам на притоках, суммарная площадь водохранилища, по нашим данным (на основе радарной съёмки SRTM) – площадь озёрной части: 4566 км кв. для отметки до 102 м. Что соответствует данным картографических исследований, отражённых в проектной документации и в литературных данных. А также согласуется с полученными нами результатами обработки материалов ДЗЗ оптического диапазона. Суммарная площадь заливания с притоками и сопряжёнными территориями для отметки от 102 м (и до 103 м) по данным SRTM достигает 4708 км кв.

Аналогичные методы определения морфометрических параметров водохранилищ по SRTM применялись ранее с удовлетворительными результатами [Сутырина Е. Н. Определение морфометрических характеристик искусственных водоемов; Красильников, Соболев, Уточнение морфометрических параметров]. Приведённые в последней работе данные соответствуют вычисленным нами значениям для ЦМР на основе данных SRTM.

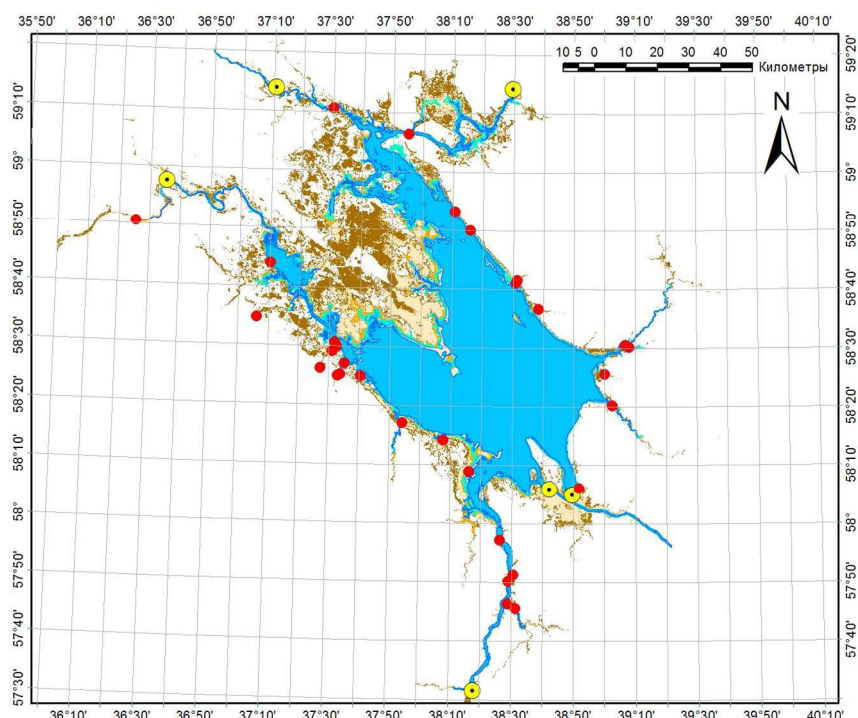
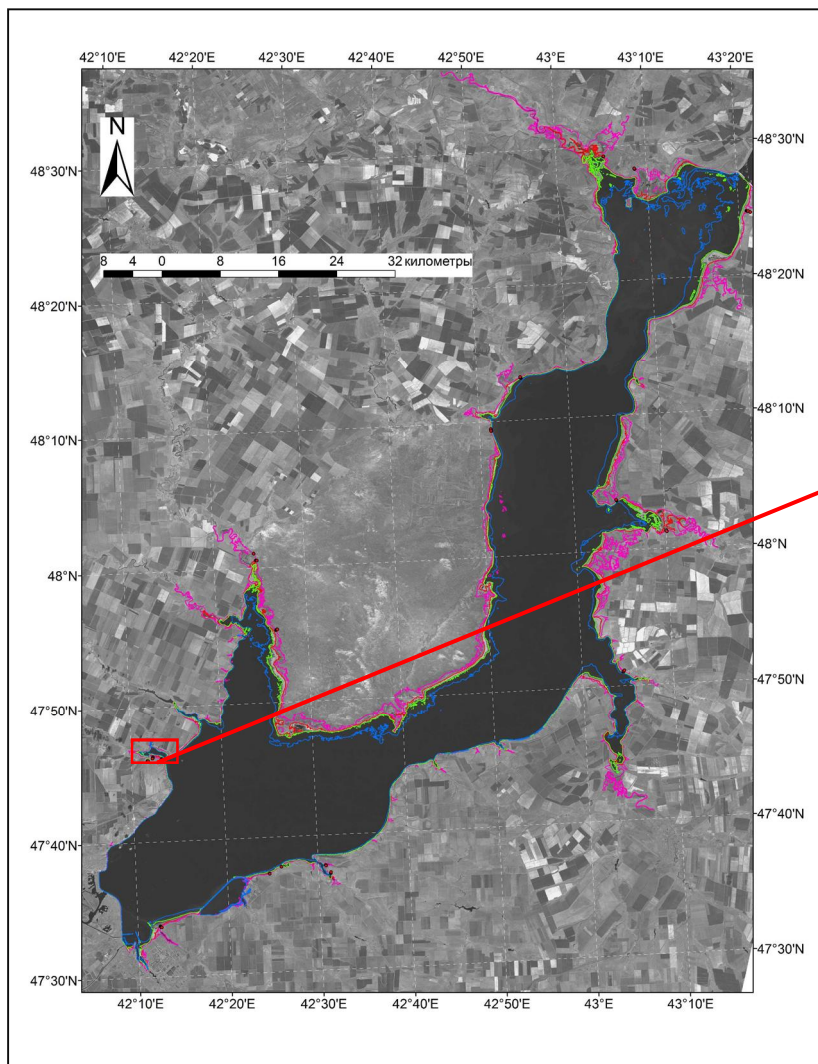


Рисунок 43 – Картографическая ГИС оценка расположения переходных ландшафтов, сопряженных с Рыбинским водохранилищем – для разных высотных уровней (по

результатам ГИС обработки данных ДЗЗ радарной съёмки – SRTM). Границы блоков систему переходных зон ландшафта побережий. Красным указаны точки описаний и жёлтым – плотины, ограничивающие водохранилище.

Цимлянское водохранилище

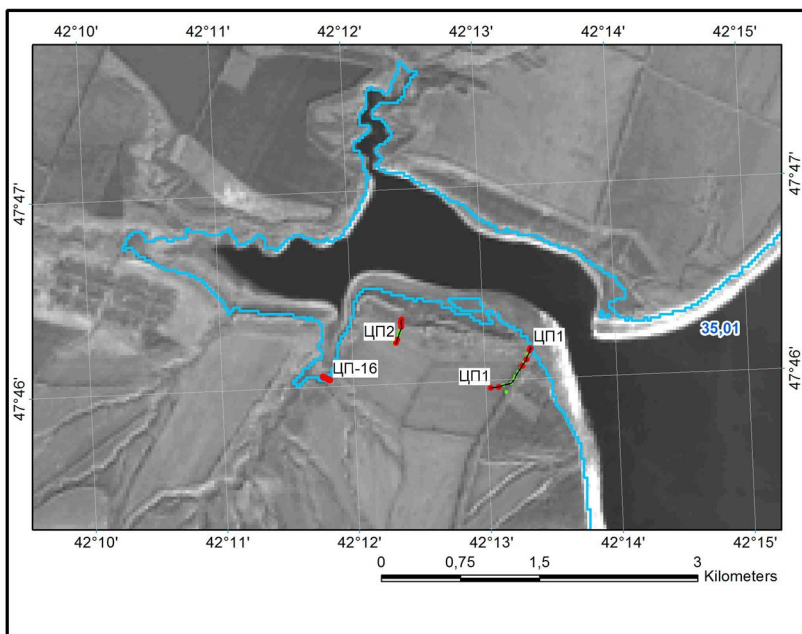
Для Цимлянского водохранилища типичный максимум – около 35 м, что почти на метр меньше нормального подпорного уровня (НПУ), значение которого составляет 36,00 м БС (балтийская система высот). Гидрологическая обеспеченность уровня около 5% для среднемесячных значений. Пространство, периодически затапливаемое, определялось в этом случае по имеющимся данным ДЗЗ на период соответствующего уровня водохранилища (график уровня см. Рисунок 34) округлённо: 32 м – 33 м и 35 м – 36 м. По аналогичной методике (см. Рыбинском водохранилище) была использована серия снимков ДЗЗ (за соответствующие периоды), где можно определить контуры открытой воды. Таким образом, в полуавтоматическом режиме был определён и рельеф прибрежной зоны – как серия линий уступов для каждого выбранного уровня (Рисунок 44).



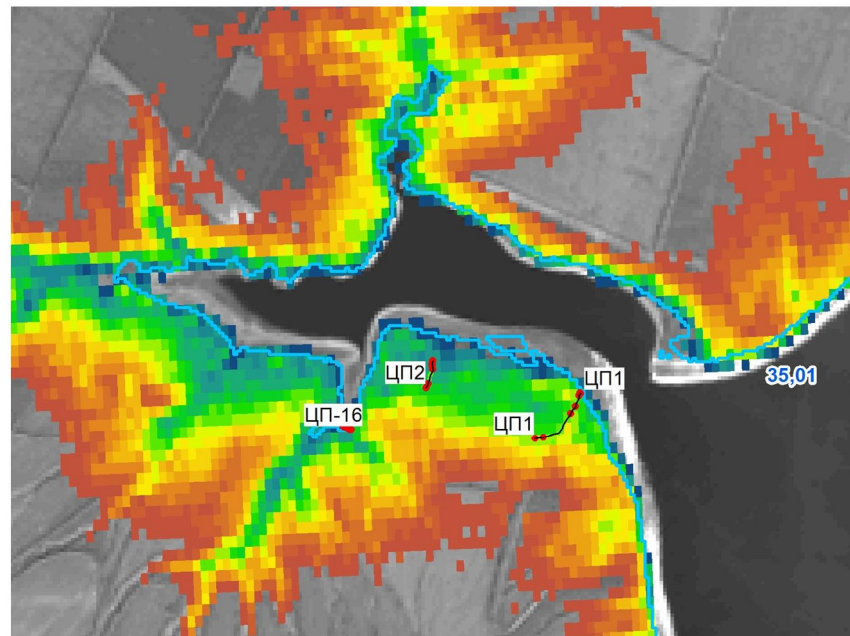
а)

б)

Рисунок 44 – Цимлянское водохранилище. Вычислены морфометрические характеристики исследуемых водных объектов с высокой точностью, при использовании данных ДЗЗ в ГИС «Акватерра» для обработки и анализа пространственных данных. И округлённо: 31м – 33м – 35м – 36м: синим, зелёным, красным, розовым – соответственно. На рисунках – снимки (ДЗЗ Landsat-7;8): а) всё водохранилище , б) фрагмент – станция Терновская. Чёрным цветом на снимках (инфракрасного диапазона) – вода.



а)



б)

Рисунок 45 –Цимлянское водохранилище. Полученные морфометрические характеристики исследуемых водных объектов по данным ДЗЗ, дополнены высотными данными из разных источников в созданном проекте ГИС «Акватерра» для обработки и анализа пространственных данных. Отмечены 3 из 22 цимлянских профиля (ЦП). Цветами от синего к коричневому указаны высоты от 36м до 50м. На рисунках – а) снимки (ДЗЗ Landsat-7;8): б) фрагмент – станция Терновская. Чёрным цветом на снимках (инфракрасного диапазона) – вода.

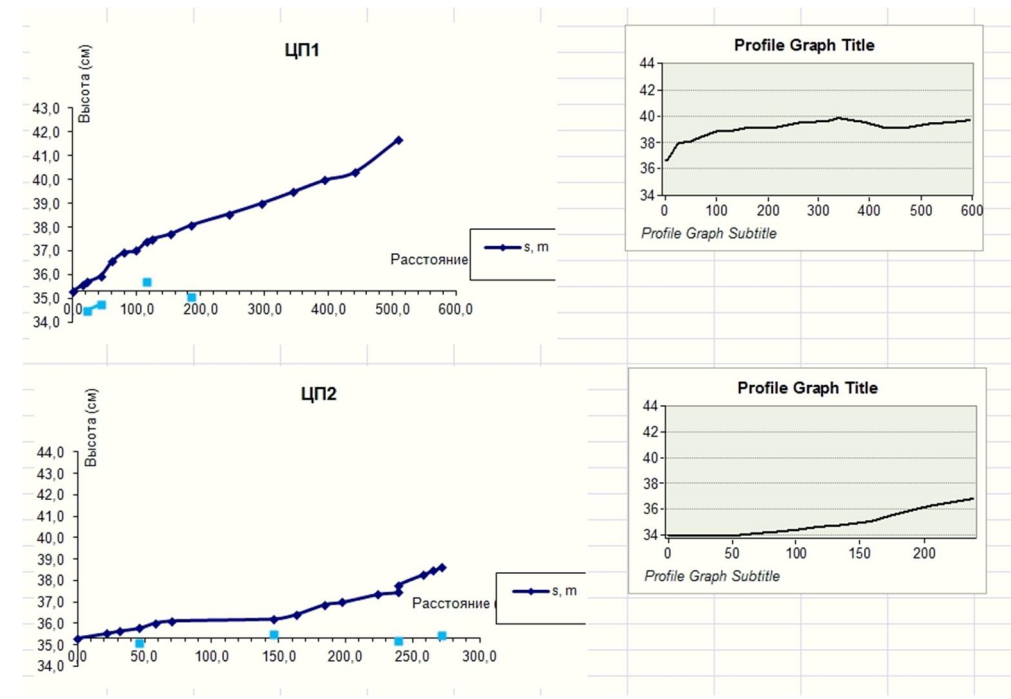
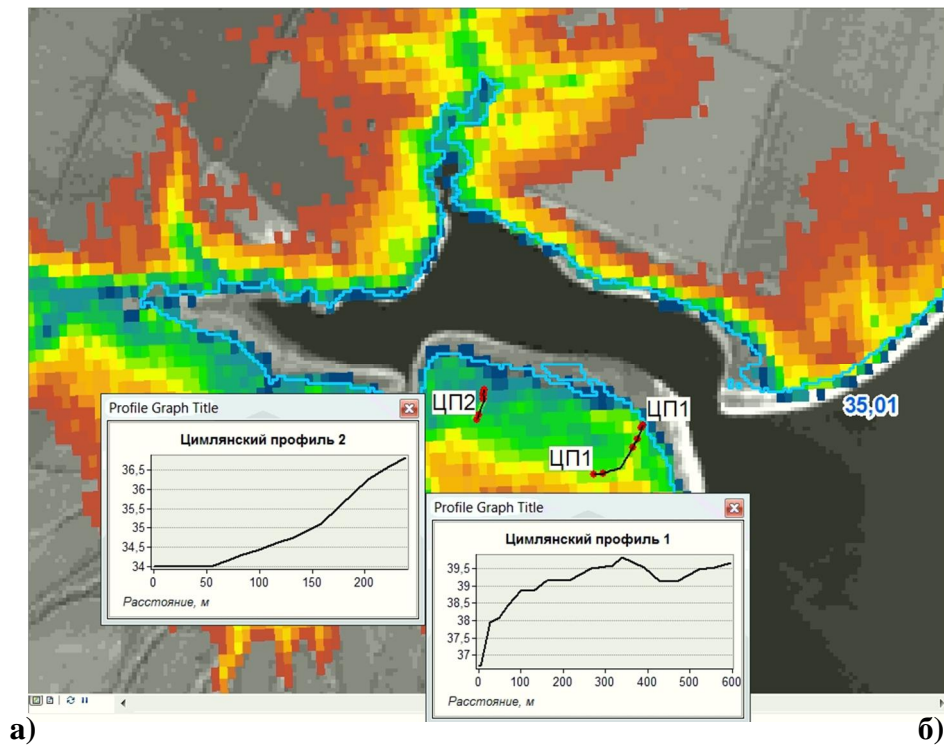


Рисунок 46 – а) Цимлянское водохранилище. Сравнение полученных автоматически характеристик побережья по материалам ГИС (левая часть рисунка) и б) полевых данных нивелирования топо-экологического профиля (правая часть рисунка). Графики справа приведены к единой шкале: ЦП1 – имеет крутой подъём на обоих графиках и ЦП2 – выположен, также по материалам независимых источников высотных данных.

Критические и характерные уровни стояния вод водохранилищ оказывают формирующее влияние на рельеф, растительность и почвы прибрежной зоны. На основе экстремальных (максимальных и минимальных) и типичных уровней стояния вод водохранилища векторизуется урез воды в картографических данных ГИС. Это позволяет не только оценить картографию заливания и осушения побережья для экстремальных уровней вод, но и получить очертания водного зеркала для любого реального уровня водохранилища, на основе 3D-модели прибрежной зоны (Рисунок 46, Таблица 21). Переходные территории занимают здесь от 7%, для средних многолетних уровней, до 21%, для редких критических уровней последнего 20-летнего периода, от площади зеркала вод.

Таблица 21. Площади затопления территорий, сопряженных с Цимлянским водохранилищем (по результатам ГИС обработки данных ДЗЗ за 2013 – 2018 гг.)

Интервал высот, м	Суммарная площадь водохранилища с притоками, км ²	С зоны заливания, км ²	Точный уровень, м БС	Доля от уровня НПУ
Менее 31	1891	-	31,25	73%
31–32	2105	214	32,13	82%
32–33	2268	377	33,14	88%
33–35	2330	439	35,02	90%
35–36	2578	678	35,66	100%

Альтернативный источник данных о высотах прибрежной зоны – радарная спутниковая съёмка SRTM, даёт наиболее сходные результаты вычисления площадей для уровня 35,6 м, близкого к НПУ. Сравнение совпадающих территорий озёрной части Цимлянского водохранилища даёт для Landsat – **2578** км кв. и для SRTM – 2675 км кв., то есть отклонение равно +3,8% от данных полученных ДЗЗ Landsat.

Таблица 22. Сравнительные площади переходных ландшафтов, сопряженных с Цимлянским водохранилищем – для разных высотных уровней (по результатам ГИС обработки данных ДЗЗ и радарной съёмки – SRTM). Автоматическая обработка, без ручной коррекции данных.

Уровень, м (БС)	Озёрная часть, км кв.	Общая площадь, км кв.	Площадь суши, км кв.	Блок переходной зоны	Общая доля от уровня НПУ
31	2326	2347	0	Аквальный	91%
32	2376	2409	62	Флуктуационный	93%
35	2675	2718	371	Флуктуационный	105%
36	2810	2850	503	Динамический	111%
39	3253	3283	936	Дистантный	127%
45	4134	4161	1814	Маргинальный	161%

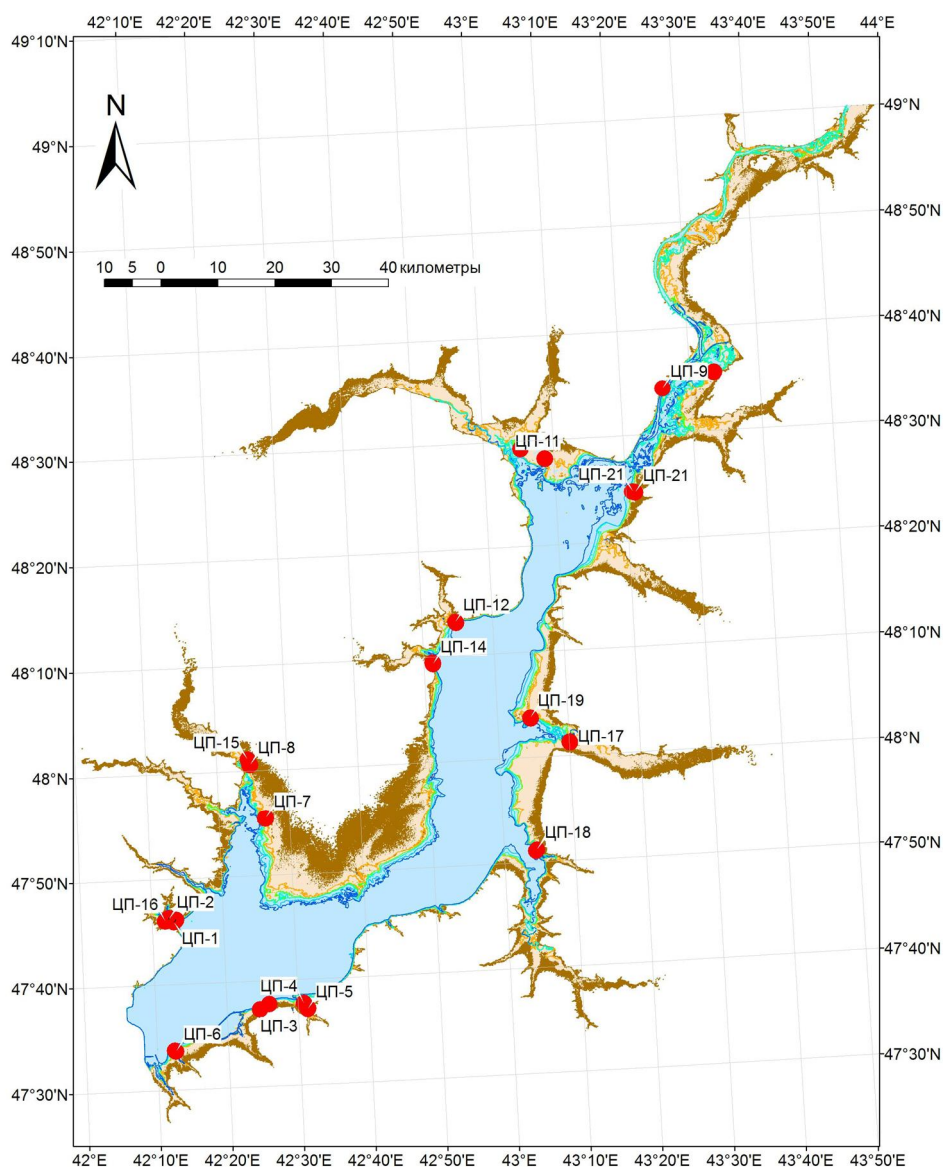


Рисунок 47 – Картографическая ГИС оценка расположения переходных ландшафтов, сопряженных с Цимлянским водохранилищем – для разных высотных уровней (по результатам ГИС обработки данных ДЗЗ радарной съёмки – SRTM). Границы блоков систему переходных зон ландшафта побережий. Красным указаны топо-экологические профили.

3.3. Определение блоков ЛВС на основе гидрологических показателей (наземная и водная структура переходных ландшафтов)

График хода уровня воды водохранилища отражает режим заливания высотных отметок. Для характеристики хода уровней график уровня и гидрологического режима водного объекта, в гидрологии используют ряд показателей: обеспеченность, продолжительность и частота

заливания высотного уровня (см. главу 3.2.2). Эти и производные от них величины имеют большое значение в гидрологии и инженерных расчётах для проектирования гидросооружений. Влияние этих характеристик уровня на прилегающие ландшафты, экосистемы и биотический компонент не входят непосредственно в сферу изучения проектных организаций, поэтому использование таких гидрологических расчётных параметров применительно к прибрежным экосистемам носят, в основном, формальный характер. Влияние параметров водного режима водохранилищ на рельеф береговой зоны, почвы и биотический компонент экосистем прибрежных территорий мало изучено (см. главу 3.2.1).

В настоящей работе определены параметры блоков системы ЛВС, на основе положения территории в рельефе побережий, ЦМР побережий и гидрологических данных по уровенному режиму водохранилища – данные график уровня (Рисунок 48). В ГИС «Акватерра» для прибрежной зоны Рыбинского и Цимлянского водохранилищ проведена экстраполяция данных ЦМР побережий для выбранных высотных уровней блоков системы ЛВС. Ориентируясь на растительность, как индикатор влияния гидрологического режима на прибрежные экосистемы (см. глава 2.1), нами рассматривались уровни водохранилища в вегетационный сезон (здесь: май – октябрь).

В классической концепции структуры переходной зоны наземные блоки системы ЛВС Рыбинского водохранилища высотными границами формально, без учёта последнего периода относительной стабилизации уровня, следует брать максимальные отметки сработки уровня воды до УМО [Таблица 12, Рисунок 39]. Так могли бы быть определены следующие границы (по графику уровня): аквальный блок – ниже 96,9 м; флуктуационный блок – 96,9 м – 99,7 м и динамический блок 99,7 м – 102,5 м, однако этот подход определения границ блоков ЛВС был скорректирован, с учётом влияния на современную растительность, как указано на рисунке. Применяя функциональный принцип для выявления современных природных биоккомплексов (см. глава 2.1), мы опирались в данной работе преимущественно на изменение уровня за период последних 17 лет. Многолетние изменения уровня (Таблица 13, для: максимума, среднего и минимума) при определении границ блоков системы ЛВС. Здесь можно использовать также средние многолетние максимумы-минимумы, отбросив единичные случаи кратковременных отклонений от многолетних показателей – в итоге они близки к последнему периоду 2002-2018 гг., в виду значительной стабилизации годового хода уровня после 1996 г. – Рисунок 38, Рисунок 39.

Таким образом, на рисунке (Рисунок 48) показано выделение блоков переходных ландшафтов побережья с учётом вышеупомянутых характеристик и на основе типичных (средних многолетних) и критических уровней водохранилища (Таблица 13, Таблица 14) – выделено серым.

Особое внимание уделено последнему двадцатилетнему периоду, как достаточному интервалу для формирования современного состояния биоконплексов ЛВС. Принятое нами распределение блоков системы ЛВС по высотным отметкам, в зависимости от гидрологического режима территории, представлено на рисунке (Рисунок 39, Рисунок 40, Рисунок 48): аквальный блок – ниже 98,5 м (**многолетний минимум**); флуктуационный блок – (98,5 м – 100,2 м **ежегодный минимум**) – 101,0 м (**ежегодный максимум**), динамический блок – (101,0 м – 101,4 м **средний максимум**) – 102,0 м **многолетний максимум**; дистантный блок – выше 102 м и до ориентировочной отметки в 105 м (**3м глубины грунтовых вод** – предел достижимости для растений), за которой располагается маргинальный блок системы ЛВС. Маргинальный блок системы ЛВС уже не связан с гидрологическим режимом водохранилища – его граница с зональной растительностью ещё более условна и размыта – около 108 м – 110 м (БС). Гидрологические объекты на этих высотах уже независимо от водохранилища могут оказывать влияние на прилегающие ландшафты.

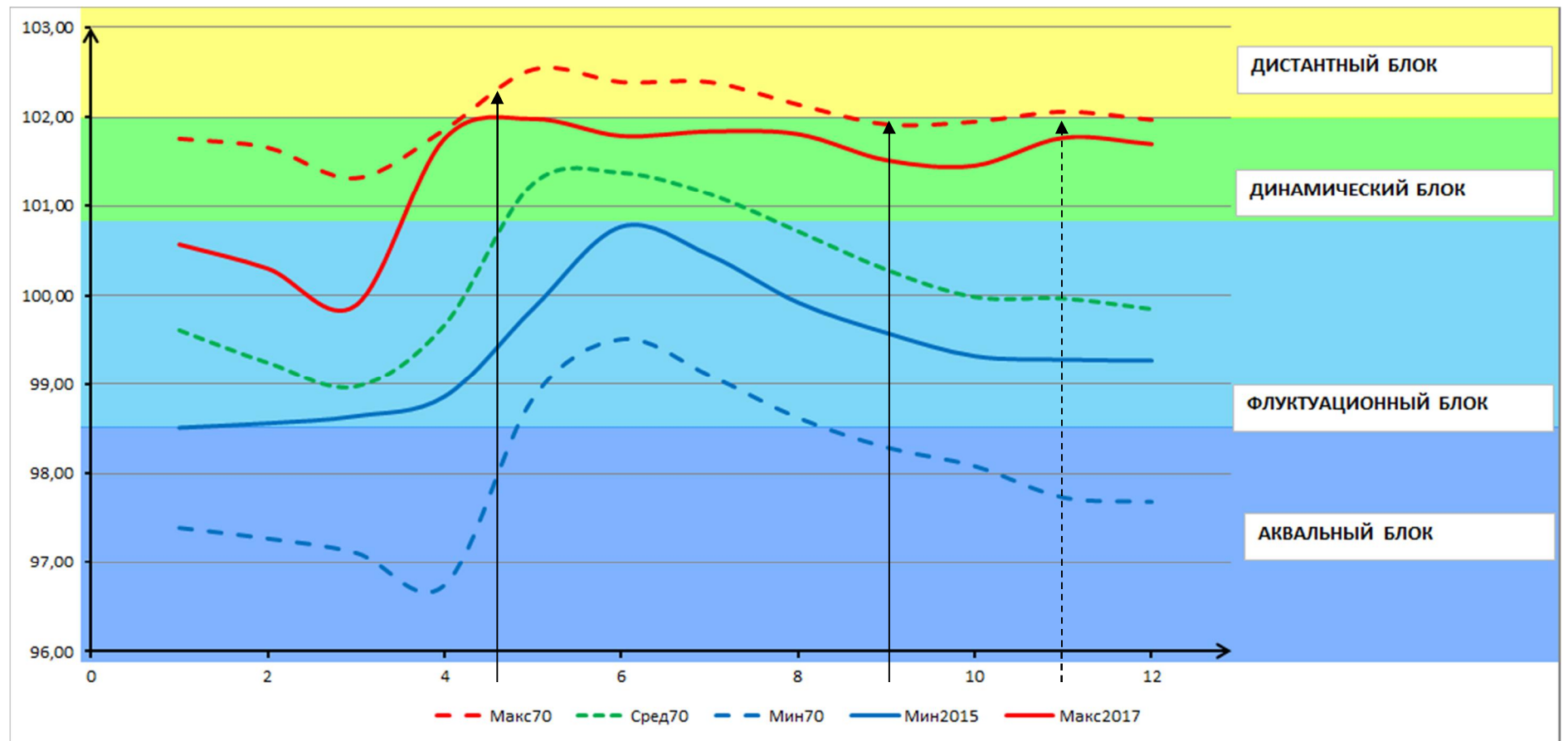
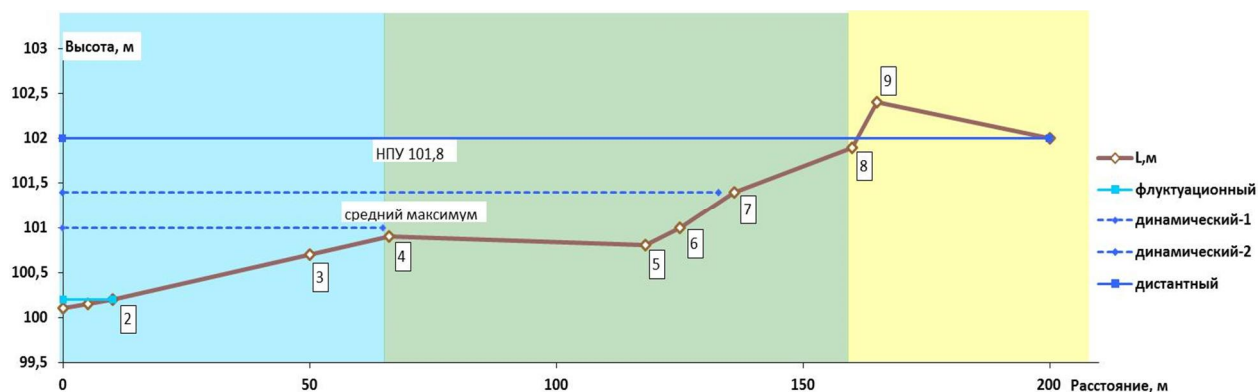


Рисунок 48 – Распределение редких и типичных критических уровней Рыбинского водохранилища в блоках переходная зона «вода-суша», выделенных по данным последнего 20-летнего периода. Вертикальными сплошными стрелками отмечены типичные границы периода физиологической активности растений – тёплый период. Вертикальной пунктирной стрелкой – начало морозного, снежного периода.

Данные графика уровня уровней Цимлянского и Рыбинского водохранилищ использовались при закладке нивелировочных профилей на побережье. В ряде топо-экологических профилей отмечалось явное рельефо- и почвообразующее действие даже редких высоких уровней стояния вод, эти формы микро- и мезорельефа (береговые валы, пляжи, бровки, склоны и др.) со временем могут закрепляться корнями деревьев и трав. Горизонтальное распределение блоков переходной зоны для разных уровней Рыбинского водохранилища представлено на рисунке (Рисунок 49).



А	1		2		3		4		5	
Б	1	2	3	4	5а	5б	6	7	8	
В	1						2		3	
Г	1		2				3			
Д	1		2				3			

Ландшафт РП 10. Красный ручей. (0 профиля 100,1м БС) 06.10.2018. Низкий затопляемый берег.

А. Элементы рельефа. 1 – дно водохранилища в зоне сработки; 2 – затопляемый пляж, 3 – склон береговой, 4 – береговой вал, 5 – пойменная терраса.

Б. Растительность. 1 – без растительности, 2 – пояс камышей, 3 – пояс тростников, 4 – хвощёво-жерушниково-манниковое сообщество, 5а – пояс низкорослых ив, 5б – пояс высоких ив, 6 – сырой луг, 7 – бровка осиново-берёзового леса, 8 – лес.

В. Почвы. 1 – песчано-илистый грунт, 2 – дерновая с растительными остатками, 3 – лесная с растительной ветошью.

Г. Характер увлажнения. 1 – длительное заливание, 2 – заливной (паводок), 3 – хорошо дренированный участок, заливается при высоких отметках уровня

Д. Блоки экотона. 1 – флуктуационный, 2 – динамический, 3 – дистантный.

Рисунок 49 – Схема и основные данные комплексного экологического обследования побережья. Рыбинское водохранилище, окрестности п. Борок.

Для наземных блоков системы ЛВС Цимлянского водохранилищ высотными границами, формально (Таблица 15) могли бы быть определены следующие уровни (по графику уровня): аквальный блок – ниже 31,1 м; флуктуационный блок – 31,1 м – 32,4 м и динамический блок 32,4 м – 36,0 м, однако этот вариант был скорректирован, с учётом влияния на растительность, как подписано на рисунке – Рисунок 50. Применяя функциональный принцип выявления природных биокомплексов (см. глава 2.1), мы рассматривали, в реальности, только многолетние изменения уровня за последние 13 – 24 гг. (Рисунок 34, Таблица 15, Таблица 16,

Таблица 17), для: максимума, среднего и минимума при определении границ блоков системы ЛВС. Здесь также можно использовать средние многолетние максимумы-минимумы, отбросив единичные случаи кратковременных отклонений от многолетних показателей, начиная с 1953 – в итоге они близки к последнему периоду 1994; 2004-2017 гг. – Рисунок 35.

На рисунке (Рисунок 50) показано упрощённое выделение блоков переходной зоны с учётом вышеупомянутых характеристик и на основе типичных (средних многолетних) и критических уровней водохранилища (Таблица 15, Таблица 16, Таблица 17) – выделено серым.

Особое внимание уделено последнему 24-летнему периоду, как достаточному интервалу для формирования современного состояния биоконплексов системы ЛВС. Принятое нами распределение блоков системы ЛВС по высотным отметкам, в зависимости от гидрологического режима территории, представлено на рисунке (Рисунок 50, Рисунок 51, Рисунок 52): аквальный блок – ниже 31,2 м (многолетний минимум); флуктуационный блок – (31,2 м – 32,4 м ежегодный минимум), 34,8 м (ежегодный максимум), динамический блок – (34,8 м – 35,6 м средний максимум) – 36,0 м многолетний максимум; дистантный блок – выше 36,0 м и до ориентировочной отметки в 39,0 м (3м глубины грунтовых вод – предел достижимости для растений), за которой располагается маргинальный блок системы ЛВС. Маргинальный блок системы ЛВС уже не связан с гидрологическим режимом водохранилища – его граница с зональной растительностью ещё более условна и размыта – около 42 м – 45 м (БС). Гидрологические объекты на этих высотах уже независимо от водохранилища могут оказывать влияние на прилегающие ландшафты.

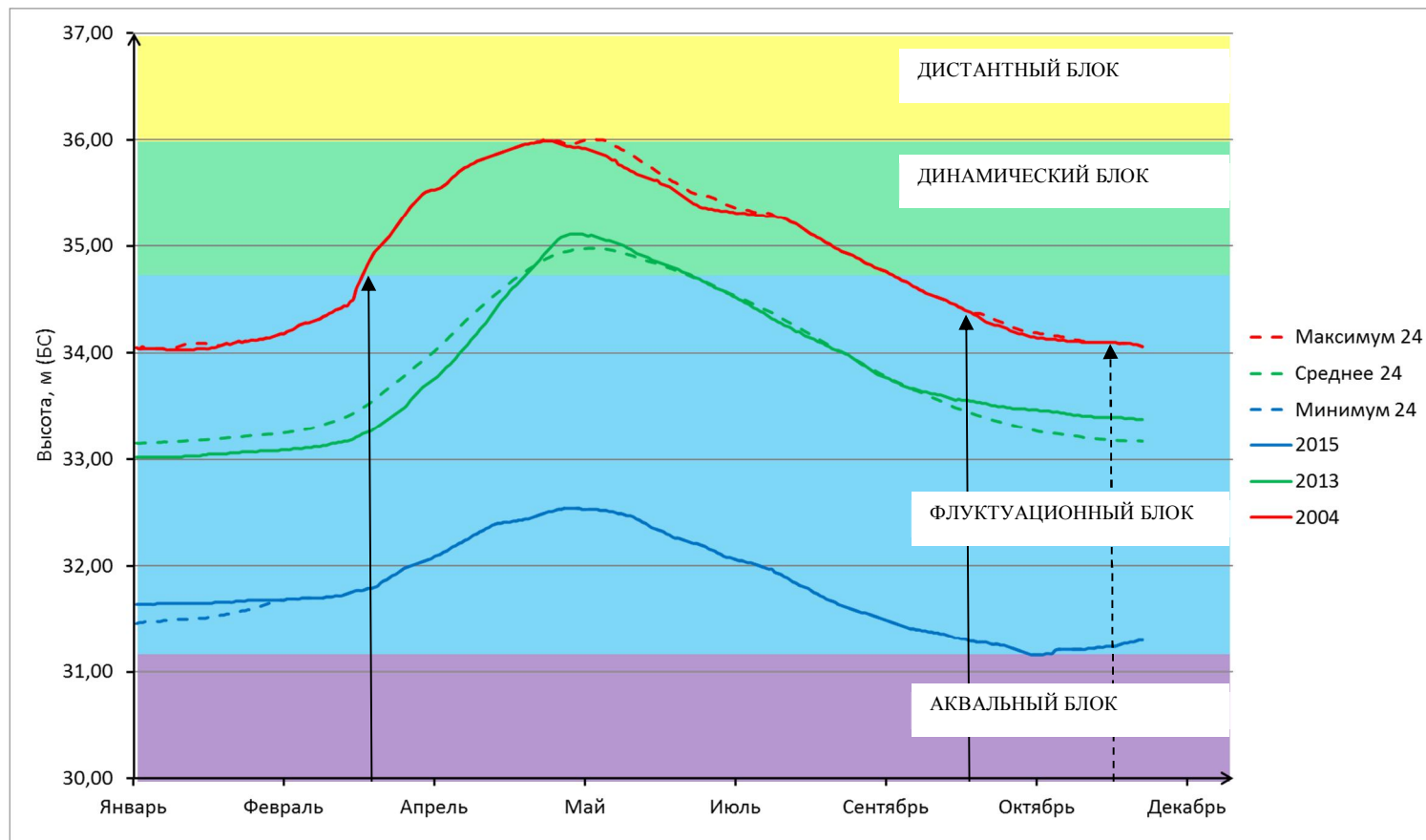


Рисунок 50 – Распределение редких и типичных критических уровней Цимлянского водохранилища в маловодные и многоводные годы (красная и синяя линии, соответственно) за 24-летний период (1994-2017 гг.). Вертикальными сплошными стрелками отмечены типичные границы периода физиологической активности растений – тёплый период. Вертикальной пунктирной стрелкой – начало морозного, снежного периода Стрелками ограничен вегетационный период.

Данные график уровня уровней Цимлянского водохранилища использовались при закладке нивелировочных профилей на побережье. При топо-экологическом профилировании на Цимлянском водохранилище производилось выявление блоков на основе гидрологических данных, данных о рельефе, почв и растительных сообществ на профиле. На рисунке (Рисунок 51) показаны положение уровней водохранилища и положение грунтовых вод (отмечены почвенные скважины) за экстремальные годы: маловодный (2009) и многоводный (2004) на топографическом профиле ЦП12. Упомянутый в литературе максимум уровня (36,5м) за последние 30 лет не достигался ни разу и в наших исследованиях практически не учитывался. Однако и такие редкие разовые события оказывают влияние на микрорельеф побережья и поверхностный слой почв, за счёт наносов и размывов берега волнобоем.

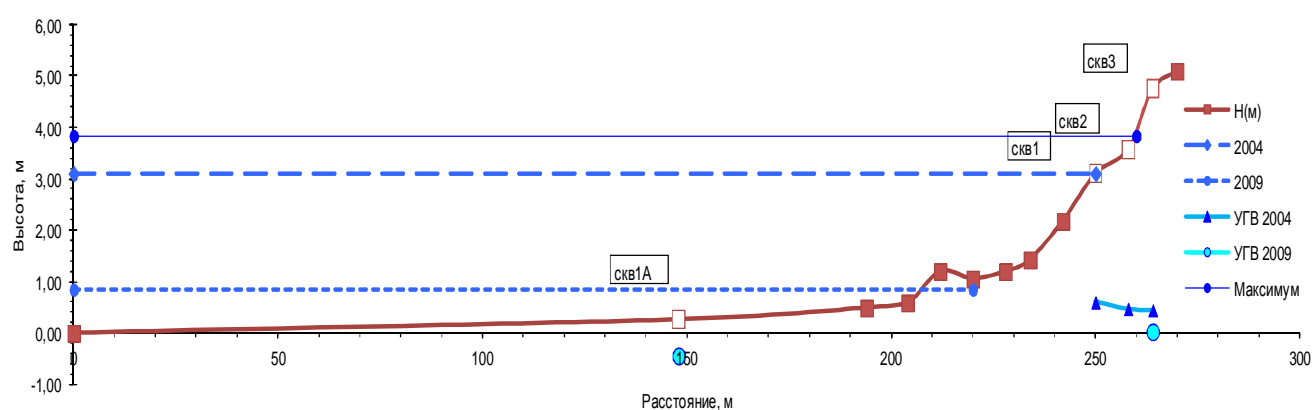
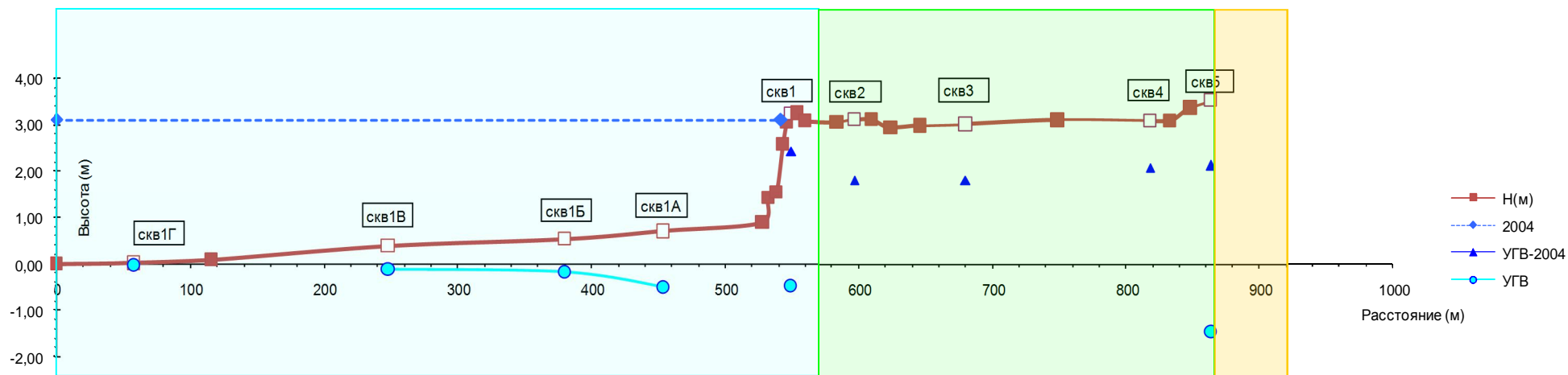


Рисунок 51 – Данные графика уровня воды Цимлянского водохранилища использовались в многолетних нивелировочных профилях на побережье. ЦП12 – (0 профиля – 32,5м абс. БС) 16.08.2011.

На ряде топо-экологических профилей отмечалось явное рельефо- и почвообразующее действие высоких уровней стояния вод. Так – на относительно пологих ЦП1 и ЦП2 отмечался напочвенный слой наилока, а для ЦП6 – мощный слой ракушечника в береговом понижении на профиле после спада экстремально высокой воды в половодье 2004 г. (36,0м). На крутых берегах, в местах отсутствия берегоукрепительных работ, отмечался размыв коренного берега, а для более пологих, с древесной растительностью, сильный подмыв корней крупных деревьев. Постепенный спад воды нередко формирует более или менее постоянные береговые валы (Рисунок 51 – возвышение в зоне пляжа около отметки 220м от уреза вод). Эти формы микрорельефа со временем могут закрепляться корнями деревьев и трав.

В наших исследованиях растительные сообщества (фитоценозы) образовывали пояса на побережье, характеризуя особенности водного режима и свойств почвенного профиля, что было показано на трансекте профиля. По мере удаления от линии уреза вод вверх по склону, фитоценозы становятся, как правило, всё более ксерофитными (Рисунок 52, Приложения Рисунок 69, Рисунок 70, Рисунок 71), в зависимости от локальных уклонов в микро- и мезорельефе на склоне, в первую очередь. Эти материалы отражены на типичном топо-экологическом профиле ЦПб (Рисунок 52): график и схема взаимосвязанных комплексных экологических данных, использованных в структуре атрибутивной БД ГИС – основные разделы таких данных в БД на рисунке отмечены буквами А-Д в подрисуночной таблице.



А	1		2	3	4			5	6
Б	1	2	3	4	5а	5б	5в	5г	6
В	1		2	3			4	5	
Г	1			2				3	
Д	1			2				3	

А. Элементы рельефа: 1 – дно водохранилища в зоне сработки, 2 – вал на обсохшем дне, 3 – береговой вал, 4 – пойменная терраса, 5 – притеррасное понижение, 6 – надпойменная терраса.

Б. Растительность. 1 – без растительности, 2 – проценоз ивово-тополёвый, 3 – бурьянистые однолетники, доминант - марь красная, 4 – тростниково-лапчатниково-ивово-тополёвое сообщество, 5 – осокорник: 5а – вейниковый, 5б – вейниково-солодковый, 5в – тростниково-вейниковый, 5г – с бодяком; 6 – вязовник разнотравно-злаковый (лесополоса).

В. Почвы. 1 – смытые почвы, 2 - валы из ракушечника, 3 - Каштановая остаточно-луговая карбонатная, намытая среднесуглинистая на желто-бурой глине, 4 - Каштановая остаточно-луговая карбонатная, среднемощная среднесуглинистая на желто-буром суглинке, 5 - Каштановая остаточно-луговая карбонатная, среднемощная среднесуглинистая на желто-буром суглинке.

Г. Характер увлажнения: 1 – длительное заливание, 2 – заливной (паводковое заливание), 3 - почвенно-грунтовый.

Д. Блоки экотона: 1 – флуктуационный, 2 – динамический, 3 - дистантный.

Рисунок 52 – Профиль № 6. Город Волгодонск, дачи. (0 профиля – 32,5м абс. БС) 23.08.2011

На рисунке Рисунок 52 – графически отражены материалы исследований на одном из 9 наиболее исследованных профилей (1-8 и 12 ЦП, см. приложения и Рисунок 54) по которым имеются достаточно подробные многолетние данные исследований (2004 – 2011 гг.). Здесь отмечены гидрологические данные: уровни стояния вод по графику уровня, на даты исследований и указано положение грунтовых вод для контрастных по водности лет исследований (2004 – экстремально высокая водность и 2011 экстремально низкая). Отступление воды от берега на пологом участке этого профиля составило более 500 м в маловодный год – Рисунок 52, Рисунок 53). В этом варианте участка побережья, на открытых мелководьях, видно, как в годы низкой водности формируются пляжи и формы микро- и мезорельефа: уступы, валы, формируются фитоценозы на обнажениях береговой зоны водохранилища. Сильно заглубляются ГВ коренного берега, обнаруживаясь на 2-4м глубже, чем в многоводные годы, что приводит к постепенной ксерофитизации фитоценозов для многолетних засушливых циклов. В более долгосрочной, многолетней перспективе – формируются специфические зоны переходных сообществ, в составе которых находятся экологически пластичные виды – виды с широкой экологической амплитудой адаптации к водному фактору (эврибионтные).

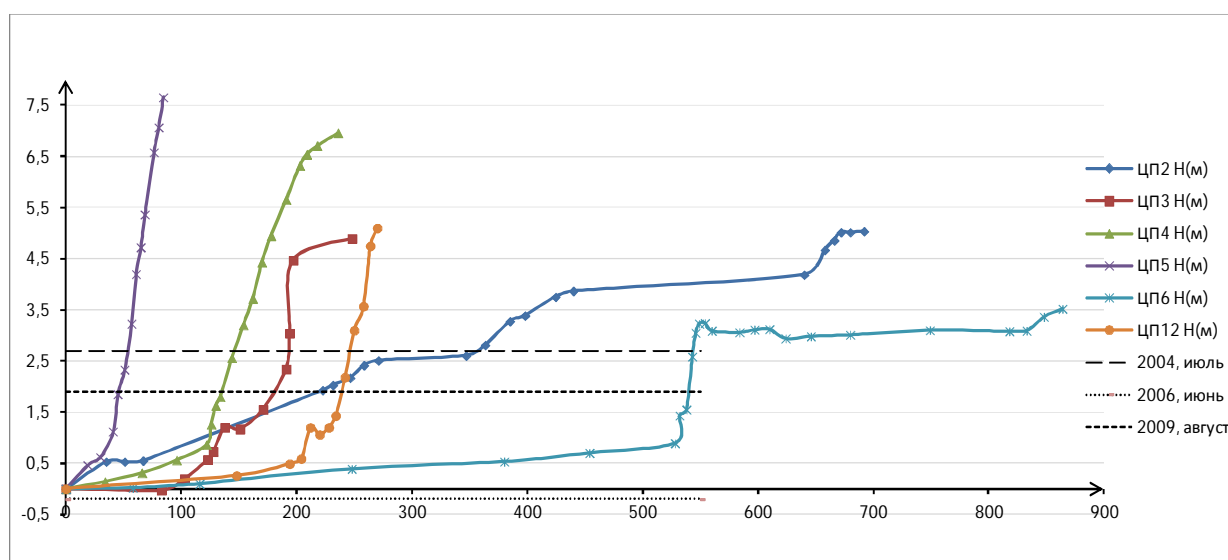


Рисунок 53 – Уровни воды разных лет на топо-экологических профилях. Цимлянские профили 2004-2011 гг. Ноль графика – 32,6 м.

По итогам топо-экологического профилирования ключевых участков были построены обобщающие графики, на которых отображены топографические контуры. Обобщающий вариант контуров побережья, позволяющий наглядно представить основные типы побережий, выявленных на Цимлянском водохранилище (Рисунок 53, Рисунок 54) и расположение участков побережья в разных блоках переходной зоны “вода-суша”. Сухопутные блоки

переходной зоны определены на основе данных графика уровня воды, высотных данных и материалов топо-экологического профилирования и в целом соответствуют уровню точки профиля над средним многолетним уровнем водохранилища в бесснежный период – 34,8 м и максимальным – 36,0 м.

Блоки экотона на 3 основных типах побережья (для исследованных профилей на ключевых участках): крутые, пологие и переходные. Контуры Цимлянских профилей и их размещение в блоках экотона «вода-суша».

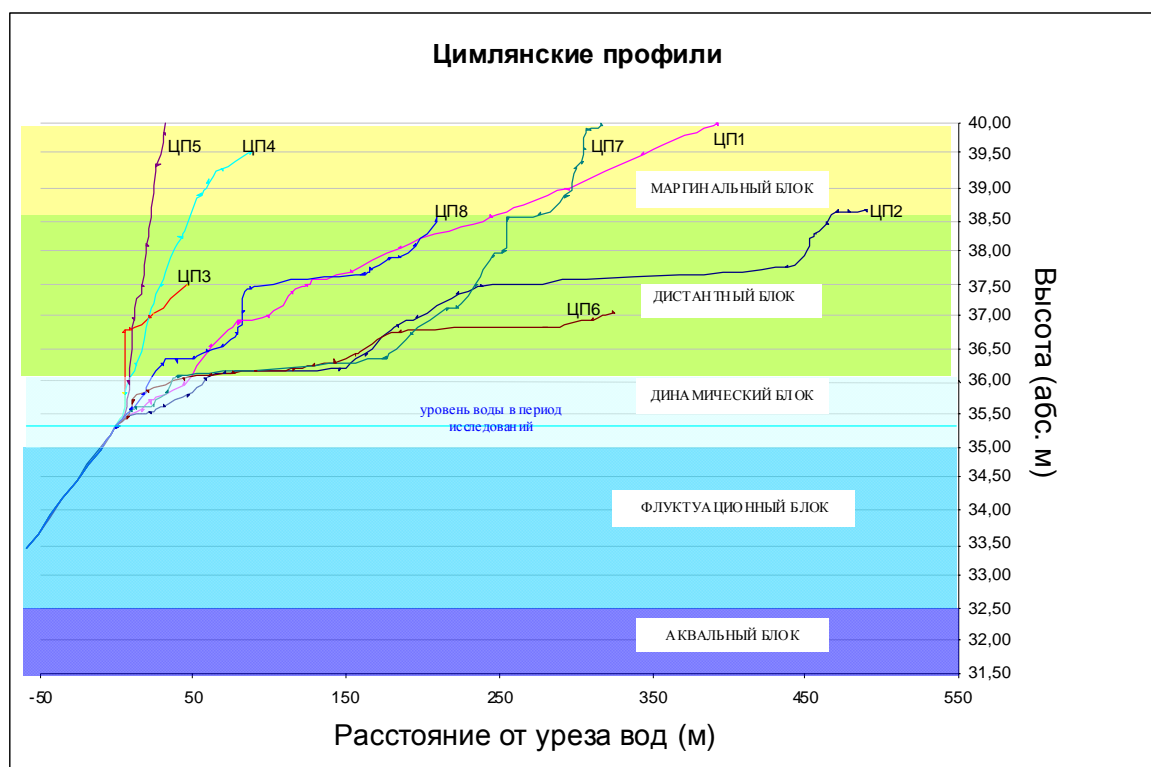


Рисунок 54 – Блоки переходной зоны на 3 разных типах профилей берега: крутые, пологие и переходные. Контуры Цимлянских профилей и их размещение в блоках переходной зоны «вода-суша». Отмечен уровень воды в период исследований, в многоводный 2004 год.

В наших полевых исследованиях отмечались 3 основных типа профиля: 1) пологий, 2) обрывистый и 3) ступенчатый (смешанный). Как отмечалось выше, именно на пологих берегах блоки ЛВС наиболее полно выражены, широки и разнообразны. Фитоценозы таких берегов по нашим данным могут отличаться составом и доминантами в каждом блоке, но совпадают их экологические характеристики, определённые по фитоиндикационным экологическим шкалам (Цыганов, 1983; Бузук, 2009), совпадают также их эколого-ценотические стратегии по Раменскому (Раменский, 1938).

Для изученных водохранилищ, при летне-осенней сработке уровня до ежегодного минимума, характерно обнажение дна водохранилища без растительности или с пионерными группировками рудеральных и зональных видов – флуктуационный блок. Выше располагаются зоны водно-болотной травянистой группы растений – пояс тростников и водно-болотная древесная группа: пояса кустарников, низкорослых и высоких деревьев (ива, тополь, ольха) – (средний максимум сезона). Далее по склону часто встречается луговая группа растений и кустарниковые формы, до уровня НПУ – динамический блок. И ещё выше располагается лесная группа фитоценозов, редко (раз в 10-летие и реже) и кратковременно заливаемая, при превышении НПУ водохранилища – дистантный блок.

На основе ряда геоботанических и почвенных исследований нами выявлено влияние экстремальных значений уровня водохранилища: на рельеф профиля и его строение, на верхний слой почв, а также на формирование поясов растительности и уровень стояния грунтовых вод. При смене маловодных периодов многоводными, происходит размыв нижних поясов растительности по склону, ранее укоренившейся на низком берегу и переформирование профиля берега.

По данным многолетних исследований показано, что рельеф профиля побережья и растительность побережья отражает многолетние критические (максимальные-минимальные) уровни воды водохранилища и среднее многолетнее положение уровня (Рисунок 54, Рисунок 51, Рисунок 52). На основании анализа многолетнего ряда данных со времени создания Цимлянского водохранилища и по 2017 г. были определены экологически значимые высотные отметки его уровня, соответствующие границам блоков системы переходных зон ландшафта. В формировании блоков переходных зон ландшафта ведущим фактором является уровенный режим водохранилища, нашими исследованиями показано принципиальное соответствие каждого из блоков переходных зон ландшафта – частоте и продолжительности заливания побережья [Балюк, 2007; Кутузов, 2011]. На основе геоботанических и почвенных исследований выявлено влияние экстремальных значений уровня водохранилища на рельеф профиля и его строение, формирование поясов растительности и уровень стояния грунтовых вод.

Выводы

Итогом проведённых исследований стало установление возможности определения блоков для переходных зон прибрежного ландшафта по данным: графика уровня, высотным топографическим данным, ДЗЗ среднего пространственного разрешения – Landsat [Кутузов и др., 2013]; показана принципиальная возможность предсказания границ и основных

характеристик блоков переходных зон ландшафта на профилях многолетних наблюдений. Полученные результаты и выявленные взаимосвязи гидрологического взаимодействия позволяют, в перспективе, разработать информационную модель функционирования зоны контакта 2-х экосистем, под влиянием водного фактора.

Используемые данные позволяют осуществлять крупномасштабное картографирование переходной зоны “вода-суша”, с выделением территорий переходных ландшафтов. А также вести мониторинг морфометрических параметров прибрежных ландшафтов, на основе регулярно обновляемых материалов ДЗЗ, в масштабах всего водохранилища. Что, в свою очередь, обеспечивает научно обоснованный базис для принятия решений по рациональному использованию природных ресурсов водохранилища, примыкающей гидрографической сети и прибрежных территорий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам проведённых исследований разработана новая методика определения границ блоков переходных ландшафтов по данным графиков уровня воды, высотным топографическим данным и материалам дистанционного зондирования Земли среднего и высокого пространственного разрешения. Доказана принципиальная возможность предсказания, по этим данным, границ и основных характеристик блоков переходных ландшафтов на профилях многолетних наблюдений.

Выводы

1. Установлены многолетние разнонаправленные тренды водности для крупных равнинных водохранилищ разных природных зон – Рыбинского и Цимлянского водохранилища. В последний 20-летний период показана стабильность для Рыбинского и существенное снижение уровня для Цимлянского водохранилища.

2. Впервые документально подтверждено, что для этих водохранилищ максимальный и минимальный уровни заполнения являются определяющими в формировании рельефа побережья, при этом средние значения уровня воды не оказывают такого влияния.

3. Для выявления изменений на побережье необходим срок не менее 15 – 20 лет, в течение которого успевают сформироваться полноценное растительное сообщество с древесной растительностью.

4. Установлено, что общая площадь системы переходных ландшафтов составляют до 56% (Рыбинское водохранилище) и до 61% (Цимлянское водохранилище), от площади водоёма при НПУ. Из них периодически заливаемые территории, согласно средним многолетним показателям, расположены ниже НПУ – до 17% на Рыбинском и до 21% – Цимлянское водохранилище.

5. Впервые обосновано и применено на практике использование критериев выделения границ блоков в переходных ландшафтах побережий, на основе комплексного подхода, включающего следующие параметры: уровенный режим водохранилища; уровень грунтовых вод и геоботаническая характеристика берегового профиля для разнотипных участков побережья.

6. Разработан метод обработки данных в ГИС, включающих: данные ДЗЗ, материалы полевых исследований и данные по уровням водохранилищ; который позволил осуществить полномасштабное геоэкологическое картирование береговых и мелководных ландшафтов Рыбинского и Цимлянского водохранилищ.

Практические рекомендации

Разработанные методики и полученные результаты районирования прибрежной зоны, выявленные взаимосвязи гидрологического взаимодействия позволяют в перспективе разработать информационную модель функционирования зоны контакта двух экосистем под влиянием водного фактора.

Использованные виды данных позволяют осуществлять крупномасштабное картографирование переходной зоны “вода-суша”, с выделением переходных ландшафтов, а также вести мониторинг морфометрических параметров прибрежных ландшафтов, на основе регулярно обновляемых материалов ДЗЗ, в масштабах всего водохранилища. Это, в свою очередь, обеспечивает научно обоснованные методические рекомендации для принятия решений по рациональному использованию природных ресурсов водохранилища, примыкающей гидрографической сети и прибрежных ландшафтов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность за помощь и внимание к работе – д.г.н. Поддубному С.А., д.б.н. Крылову А.В., д.б.н. Комову В.Т. А также выражает признательность за ценные замечания по рукописи к.т.н. Михайленко Н.Ю., к.б.н. Романову М.С. и благодарит коллег по совместным экспедиционным полевым работам.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в журналах из перечня ВАК

1. Кутузов А. В. Экотонная система Юго-Восточного побережья Цимлянского водохранилища / Т. В. Балюк, А. В. Кутузов, О. Г. Назаренко // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34. – № 1. – С. 104-112. – 8с.
2. Кутузов А. В. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга систем "вода -суша" на равнинных водохранилищах (на примере Цимлянского водохранилища) / А. В. Кутузов // Исследование Земли из космоса. – 2011. – № 6. – С. 64-72. – 9с.
3. Кутузов А. В. Возможности использования данных дистанционного зондирования при геоэкологическом исследовании водных антропогенных комплексов и их побережий при обеспечении контроля за природно-очаговыми и паразитарными инфекциями / А. В. Кутузов, Д. В. Транквилевский, В. А. Царенко, В. И. Жуков // Дезинфекционное дело. – 2013. – № 1. – С. 37-41. – 5с.
4. Кутузов А. В. Особенности сезонной численности мелких млекопитающих в закрытых луго-полевых стациях на Окско-Донской низменной равнине, Среднерусской возвышенности и степи с точки зрения эпидемиологического значения / Д. В. Транквилевский, Д. А. Квасов, О. В. Клепиков, Н. И. Простаков, С. А. Куролап, А. В. Сурков, А. В. Кутузов, В. А. Царенко, М. Н. Корсак, В. И. Жуков // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2014. – № 5(254). – С. 31-35. – 5с.
5. Кутузов А. В. Оперативный спутниковый мониторинг скоплений планктонных водорослей и количественная оценка их плотности / А. В. Кутузов // Географический вестник. – 2016. – № 3(38). – С. 160-168. – 9с.
6. Кутузов А. В. Динамика высшей водной растительности защищенного мелководья в связи с уровнем воды в Волжском плёсе Рыбинского водохранилища / С. А. Поддубный, Е. В. Чемерис, А. В. Кутузов, А. И. Цветков, А. А. Бобров // Биология внутренних вод. – 2022. – № 2. – С. 136-146. – 11с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А. Б. Водохранилища и окружающая среда // Водные проблемы на рубеже веков РАН. М.: Ин-т вод. проблем, 1999. С. 217 – 226.
2. Авакян А. Б., Подольский С.А. К вопросу о влиянии водохранилищ на животных // Водные ресурсы, 2002, т. 29 №2, С. 141 – 151.
3. Авакян А. Б., Салтанкин В.В., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. – 365 с.
4. Авакян А.Б. Водные ресурсы СССР, их рациональное использование и охрана. М., Знание, 1979. – 48 с.
5. Авакян А.Б. Водохранилища и окружающая среда. М.: Знание, 1982. – 48 с.
6. Авакян А.Б. Наводнения в прошлом, настоящем и будущем. Концепция защиты // Российская наука на заре нового века : сб. науч.-популяр. ст. – М., 2001. – С. 306 – 316
7. Авакян А.Б. Широков В.М. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. – Минск: Изд. Минского ун-та, 1990. – 240 с.
8. Авакян А.Б., Шарапов В.А. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М., Энергия, 1977. – 398 с.
9. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. Санкт-Петербург: Наука, 2000. – 147 с.
10. Ануфриев В.М., Пыстин А.Н. О динамике численности и территориальном распределении лесных полёвок. Биогеоэкологические исследования таёжных лесов // Тр. Коми науч. центра УрО РАН., Сыктывкар, 1994. С. 152 – 165.
11. Атлас Волгоградской области. М.: Изд. ЦЭВКФ, 2004. – 96 с.
12. Атлас Ростовской области. М.: Изд. ЦЭВКФ, 2001. – 112 с.
13. Атлас Тверской области. М.: Изд. ЦЭВКФ, 1998. – 79 с.
14. Атлас. Вологодская область: Общегеографический региональный атлас / Сост. и подгот. к изд. 439 ЦЭВКФ в 2001 г. ; Ред.: Ю. Кузнецов, Д. Трушин. – Изд. 1-е. – М. : ВТУ ГШ, 439 ЦЭВКФ, 2001. – 143 с.
15. Атлас. Ярославская область : Общегеографический региональный атлас / Сост. и подгот. к изд. 439 ЦЭВКФ ; ВТУ ГШ – географ. основа ; Ред.: Ю. Кузнецов и др. – 1-е изд. – М. : ВТУ ГШ : 439 ЦЭВКФ, 2002. – 64 с.
16. Баженов А.В., Куликова И.Л., Садыков О.Ф. Радионуклидные методы группового мечения // Методы исследования пространственной структуры популяций мелких млекопитающих в естественной среде и агроценозах. Свердловск, 1983. С. 25 – 38.

17. Бакаева Е.Н., Игнатова Н.А., Черникова Г.Г. Экзотоксичность вод приплотинного участка цимлянского водохранилища // Глобальная ядерная безопасность. 2012. № S (3). С. 5 – 11.
18. Бакулин К.А. Морфометрические характеристики Рыбинского водохранилища// Биологические и гидрологические факторы местных перемещений рыб в водохранилищах. Л: Наука, 1968. С. 72 – 86.
19. Балюк Т.В. Возможности мониторинга паводкового затопления на территории природного парка «Волго-Ахтубинская пойма» при помощи данных дистанционного зондирования / Состояние, охрана, воспроизводство и устойчивое использование биологических ресурсов внутренних водоёмов. Материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2007. С. 16 – 19.
20. Балюк Т.В., Кутузов А.В. Геоботанические обследования в рекреационной зоне природного парка «Эльтонский» на примере урочища «Сорочья балка». // Биоразнообразие и проблемы природопользования в Приэльтонье. Сб. науч. тр. / Под ред. проф. В.Ф. Чернобая. – Принтерра Волгоград, 2006. – 144 с. С. 9 – 11.
21. Балюк Т.В., Кутузов А.В., Назаренко О.Г. Экотонная система юго-восточного побережья Цимлянского водохранилища // Водные ресурсы. 2007. том 34.№ 1.С. 104 – 112.
22. Бамбуров И.С., Беспалый В.Г., Викулов А.И. и др. Динамика ландшафтов в зоне влияния Куйбышевского водохранилища. Спб., Наука, 1991. – 221 с.
23. Барановский П.М., Богомоллов П.Л., Карасева Е.В., Демидова Т.Н., 1994. Распространение восточно европейской и обыкновенной полевков // Синантропия грызунов. Материалы II совещ. (25-28.11 1993, г. Иваново). М., С. 77 – 87.
24. Башенина Н. В. Пути адаптаций мышевидных грызунов. – М: Наука, 1977. – 355 с.
25. Бережной А.В., Григорьевская А.Я., Двуреченский В.Н. Ландшафтные экотоны и их разнообразие в среднерусской лесостепи // География, геоэкология, №1, 2000. С. 30 – 34.
26. Берлянт А. М. Картография. – М: Аспект-Пресс, 2001. – 336 с.
27. Бобрецов А.В., Куприянова И.Ф. Анализ некоторых аспектов динамики численности мелких млекопитающих // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых территорий европейского Севера и Урала: Материалы докл. Всерос. конф. Сыктывкар, 2011. – С. 143 – 149.
28. Богущ И.А., Калинин В.М., Третьяк А.Я. Исследования современной динамики геологической среды района Ростовской АЭС // Проблемы развития атомной энергетики на Дону. Ростов-на-Дону. 2000. Т.1. С.105 – 118.
29. Бузук, Г.Н. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д.Н. Цыганова) / Г.Н. Бузук, О.В. Созинов // Ботаника (исследования): Сборник научных

- трудов. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2009. – Вып. 37. – С. 356 – 362. (http://cepl.rssi.ru/bio/flora/new_metod_sc.html)
30. Буканова Т.В., Вазюля С.В., Копелевич О.В., Буренков В.И., Григорьев А.В., Храпко А.Н., Шеберстов С.В., Александров С.В., 2011. Региональные алгоритмы оценки концентрации хлорофилла и взвеси в юго-восточной Балтике по данным спутниковых сканеров цвета // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 8. № 2. С. 64–73.
31. Буторин Н.В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада. Л., Наука, 1969 – 322 с.
32. Буторин Н.В., Вендров С.Л., Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю., Романенко В.И. Рыбинское водохранилище и его взаимодействие с окружающей средой.- Гидрология и метеорология. Пермь, Перм. ун-т, 1974. Вып. VII. – 258с.
33. Быков Б.А. Экологический словарь. Алма-Ата: Наука, 1983. – 216 с.
34. Васильев Ю.С., Масликов В.И., Шилин М.Б. Режим регулирования стока Рыбинского водохранилища как основной фактор формирования экологической ситуации в осушной зоне // Ученые записки РГГМУ. – СПб.: РГГМУ. 2016. № 45. – С. 28–42.
35. Вахитов Р. Р. Казанский государственный университет имени В.И. Ульянова-Ленина На правах рукописи Переформирование берегов Нижнекамского водохранилища Специальность 25.00.25 – геоморфология и эволюционная география АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук, – Казань, 2005. – 23 с.
36. Вендров С. Л., Бейром С. Г., Малик Л. К. и др. Оценка ранее составленных прогнозов изменения природной среды при использовании водных ресурсов Сибири // Водн. ресурсы. – 1988. – № 2. – С. 5 – 14
37. Вендров С.Л. Преобразование речных систем СССР. Л., Гидрометеиздат, 1979. – 207 с.
38. Вендров С.Л. Проблемы преобразования речных систем.-Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 207 с.
39. Вендров С.Л., Авакян А.Б., Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю. Роль водохранилищ в изменении природных условий. М.: Знание, 1968. – 46 с.
40. Вендров С.Л., Дьяконов К.Н. Водохранилища и окружающая природная среда. М.: Наука, 1976. – 136 с.
41. Владышевский Д.Б. Проблемы оценки роли животных в функционировании лесных экосистем. // Методические основы разработки и реализации комплексной программы развития региона. Новосибирск. Наука. Сибирское отделение. 1988. С. 186 – 201.

42. Влияние водохранилищ лесной зоны на прилегающие территории. М., Наука, 1970. – 219 с.
43. Водные пути и гидротехнические сооружения: учебник для вузов / Г.Л. Гладков, М.В. Журавлев, А.В. Москаль, А.М. Гапеев, М.А. Колосов – СПб, СПГУВК, 2011. – 441 с.
44. Водоохранилища / А. Б. Авакян, В. П. Салтанкин, В. А. Шарапов. – М.: Мысль, 1987. – 325 с.
45. Водоохранилища Верхней Волги: гидрологический режим озёр и водохранилищ СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 291 с.
46. Водоохранилища и их воздействие на окружающую природную среду. М.: Наука, 1986. – 367 с.
47. Водоохранилища мира. М.: Наука, – 1979. – 287 с.
48. Волга и её жизнь. Л., Наука, 1978. – 350 с.
49. Волох А.М., Выскушенко А.П. Деятельность речного бобра и численность мелких млекопитающих в бобровых поселениях пойменных и мелиорированных ландшафтов Среднего Приднепровья // Биоценология, антропогенные изменения растит. покрова и их прогнозирование: Тез. докл. науч. конф. – Днепропетровск-Киев. 1978. – С. 79–80.
50. Вольф М. Б., Клупт В. С. Затопление при крупном гидростроительстве. Опыт экономического исследования. – М.: Энергоиздат, 1934. – 202 с.
51. Воскобойников В. М. Динамика берегов Каховского водохранилища в первые пять лет эксплуатации // Труды 7-го Байкальского научного координационного совещания по изучению берегов водохранилищ. – М., 1961. Т. 1. – 249 с.
52. Гашев С. Н. Динамика численности млекопитающих в экологическом мониторинге//Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып. 1. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2000. С. 70 – 78.
53. Гелашвили Д. Б., Ушаков В. А., Слепов А. В., Дмитриев А. И., Заморева Ж. А. Экология. Охрана природы. Экологическая характеристика мелких млекопитающих. Нижегородского Заволжья. С. 51 – 59.
54. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н., Солнцев Л.А. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии: Монография. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013. – 370 с.
55. Гладкина Т.С. Прогноз динамики численности мышевидных грызунов. Защита растений №2 1995. С. 33 – 34.
56. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. – Смоленск: Ойкумена, 2002. – 288 с.

57. Горьковское водохранилище // Большая советская энциклопедия: [В 30 т.] / Глав. ред. А. М. Прохоров. - 3-е изд. - Москва : Сов. энциклопедия, 1969. [Т.] 7: Гоголь-Дебит. - 1972. - 607 с.
58. Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб., ЗИ РАН, 1995. – 520 с.
59. Гущина Л. А. Некоторые особенности распределения температуры воздуха в районе Рыбинского водохранилища // Сб. работ Рыбинской ГМО им. М.А. Рыкачева, вып.2. Л., Гидрометеиздат, 1965. С. 123 – 145.
60. Давыдов Л.К., Дмитриева А.А., Конкина Н.Г. Общая гидрология. Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 463 с.
61. Дворников М.Г., Дворникова Н.П., Коробейникова В.П. 1994. Особенности растительности в поселениях барсука (*Melesmeles L.*) на Южном Урале// Экология, № 5-6, С. 108 – 109.
62. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей / А.А. Чистякова, Л.Б. Заугольнова, И.В. Полтинкина, И.С. Кутьина, Н.Н. Лашинский; под ред. О.В. Смирновой. Ч. I. М.: Изд-во “Прометей” МГПИ им. В.И. Ленина. 1989. – 106 с.
63. Динамика ландшафтов в зоне влияния Куйбышевского водохранилища. Бамбуров И.С., Беспалый В.Г., Викулов А.И. и др. СПб., Наука, 1991. – 221 с.
64. Дмитриев П.П. 1988. Изменение профиля почвы в результате деятельности млекопитающих землероев. // Почвоведение. № 11, С. 75 – 81.
65. Дьяконов К.Н. Влияние крупных равнинных водохранилищ на леса Прибрежной зоны. Л., Гидрометеиздат, 1975 – 127 с.
66. Дьяконов К.Н., Ретеюм А.Ю., Местный климат Рыбинского водохранилища. Изв. АН СССР, серия геогр., 1964, №4 – С. 23–35.
67. Евстигнеев О.И. Популяционная организация лесных биоценозов в долинах малых рек // Проблемы сохранения разнообразия природы степных и лесостепных регионов (Материалы Российско-Украинской научной конференции, посвященной 60-летию Центрально-Черноземного заповедника, пос. Заповедный, Курская область, 22-27 мая 1995 г.). М.: КМК Scientific Press Ltd., 1995. С. 116 – 118.
68. Емельянова Л. Е. Принципы и основные этапы создания карты населения мелких млекопитающих СССР // Общая и региональная териогеография: Сб. науч. тр. М.: Наука, 1988. С. 310 – 339.
69. Ерлов Н.Г. Оптика моря / Пер. с англ. - 2-е испр. и доп. изд. - Л. :Гидрометеиздат, 1980. – 248 с.

70. Ермохин М. В. Проблемы и перспективы исследования краевых структур биоценозов рек и водоемов речных долин // Актуальные вопросы изучения микро-, мейозообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов : тематические лекции и материалы I Междунар. школы-конф. Н. Новгород : Вектор ТиС, 2007. С. 101 – 129.
71. Ермохин М.В. Экологическая структура маргинальных участков речных биоценозов в переходной зоне вода-суша :автореф. дис. ... канд. биол. наук. Самара, 2000. – 18 с.
72. Ефимов, Денис Юрьевич Растительность Усть-Илимского водохранилища и его прибрежных территорий тема диссертации и автореферата по ВАК 03.00.05, Диссертация и автореферат на тему «Растительность Усть-Илимского водохранилища и его прибрежных территорий». Автор научной работы 03.00.05 Специальность: Ботаника. 2009. – 170 с.
73. Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озёра и водохранилища СССР, их флора и фауна. М., Учпедгиз, 1961. – 599 с.
74. Жигарев И.А. Изменение плотности населения мышевидных грызунов под влиянием рекреационного пресса на юге Подмосквья. // Зоологический журнал, 1993. Т.72. Вып.12. С. 117 – 137.
75. Зайцев Ю.П. Экотоны Черного моря// Экотоны в биосфере.- М.:РАСХН., 1997. С. 242 – 258.
76. Заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы завершения разработки проектной документации «Строительство Чебоксарской ГЭС на реке Волге» в части, касающейся поднятия уровня Чебоксарского водохранилища до отметки нормального подпорного уровня 68 метров» 01.10.2013 г. – 80 с.
77. Законнов В.В., Ляшенко Г.Ф. Трансформация грунтов и сукцессия высшей водной растительности в литоральной зоне Рыбинского водохранилища // Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ. Матер, межд. конфер. Казань, 2004. С. 30 – 32.
78. Залетаев В.С. Мировая сеть водно-наземных экотонов, ее функции в биосфере и роль в глобальных изменениях. // Экотоны в биосфере,- М.: РАСХН., 1997. С. 77 – 90.
79. Залетаев В.С. О механизме устойчивости биогеоценозов экологически переходных территорий в южных пустынях СССР// Проблемы освоения пустынь. -1979. -№ 6. – С. 38 – 44.
80. Залетаев В.С. Экологически дестабилизированная среда (экосистемы аридных зон в изменяющемся гидрологическом режиме). М.: Наука, 1989. – 150 с.

81. Залетаев В.С. Эктоновые экосистемы как географическое явление и проблема экотонизации биосферы // Современные проблемы географии экосистем.- М.: МГУ, 1984.- С. 53–55.
82. Залетаев В.С. 1980. Роль грызунов в экосистемах аридных и семиаридных зон как регулятор биогеоценотических процессов. // Грызуны. Материалы 5 Всесоюзного совещания . М., Наука, С. 335 – 336.
83. Залетаев В.С. Актуальные проблемы изучения экотонов // Экотоны в биосфере. М. : Изд-во РАСХН, 1997. С. 5–10.
84. Залетаев В.С. Речные поймы как система экотонов // Экосистемы речных пойм: структура, динамика, ресурсный потенциал, проблемы охраны. Москва, РАСХН, 1997. С.7 – 17.
85. Залетаев В.С. Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотоны в биосфере. М. : Изд-во РАСХН, 1997. – 329 с. С. 11–29.
86. Зернов С.А. Общая гидробиология. М., Л.: Биомедгиз, 1934. – 503 с.
87. Золотарев Г.С. Инженерно-геологическое изучение переработки береговых склонов крупных водохранилищ / Г.С. Золотарев // Труды лаборатории гидрогеол. проблем им. Ф.П. Саваренского. Т. 7. М. – Изд-во АН СССР. – 1955.- С. 96 – 110.
88. Зубкова Е.В., Ханина Л.Г., Грохлина Т.И., Дорогова Ю.А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. 96 с.
89. Иванкина Е.В. Динамика численности и структура населения рыжей полевки в Подмосковье // Экология популяций : тез. докл. Всес. совещ., Новосибирск, 4-6 окт., 1988 – ч. 2. – М., 1988. С. 77 – 79.
90. Ивантер Э. В. Популяционные факторы динамики численности рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) на северном пределе ареала / Биогеография Карелии. Труды Карельского научного центра РАН выпуск 7. Петрозаводск, 2005. С. 48 – 63.
91. Ивантер Э.В. Ивантер Т.В., Жигальский О.А. Закономерности и факторы динамики популяции рыжей полевки (по наблюдениям в Северо-Восточном Приладожье). Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск. 1991. – С. 86 – 116.
92. Ивантер Э.В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. – Л.: Наука, 1975. – 246 с.
93. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 376 с.
94. Иконников Л. Б. Формирование берегов водохранилища. – М.: Наука, 1972. – 95 с.

95. Ильина И.С., Кобелева Н.В. Методические подходы к ресурсной оценке растительного подхода крупных таежных рек // Экотон в биосфере.- М.: РАСХН., 1997. – С. 167 – 177.
96. Инженерно-географические проблемы проектирования и эксплуатации крупных равнинных водохранилищ. М.: Наука, 1972. – 250с.
97. Инженерно-геологические исследования для гидроэнергетического строительства. – М.: Госгеолыздат, 1950. –Т. 1. – 320 с.
98. Исаков Ю. А. Общий очерк фауны района Рыбинского водохранилища // Рыбин, водохранилище. М., 1953. Ч. 1. – С. 83 – 94.
99. Исаков Ю.А., Казанская Н.С., Тишков А.А. Зональные закономерности динамики экосистем. М.: Наука, 1986. 170 с.
100. Исаков Ю.А., Кудинов К.А., Писанов В.С., Кутова Т.П., Немцева С.Ф., Немцев В.В., Калецкая М.Л., 1979. Многолетние наблюдения за динамикой процессов в Дарвинском заповеднике // Опыт работы и задачи заповедников СССР. М., Наука, С. 68 – 89.
101. Исследования мелководной прибрежной зоны водохранилищ верхней Волги. Мордухай-Болтовской Ф.Д. // Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, вып. 33 (36). Ярославль, 1976. С. 3 – 12.
102. Калецкая М. Л. Роль режима Рыбинского водохранилища в жизни млекопитающих Дарвинского заповедника // Тр. Дарвинского гос. заповедника. Вологда, 1957. Вып. 4. С. 7 – 78.
103. Калецкая М.Л., 1979. Многолетние наблюдения за динамикой процессов в Дарвинском заповеднике // Опыт работы и задачи заповедников СССР. М., Наука, С.68 – 89.
104. Калецкая М.Л., Кудинов К.А., Лысенко В.Н. Состояние и развитие сосновых молодняков, повреждённых лосем./Труды Дарвинского гос. Заповедника. вып. VIII. М. – Вологда, 1968. 192 с.
105. Калецкая М.Л., Немцова С.Ф., Скокова Н.Н. Дарвинский заповедник. // Заповедники СССР. Заповедники европейской части РСФСР. I. М. Мысль, 1988. С. 152 – 184.
106. Калецкая М.Л., Тупицина Л.Ф. 1988. Млекопитающие // Фауна Дарвинского заповедника. Флора и фауна заповедников СССР. М. С. 58 – 64.
107. Калецкая М.Л., Тупицина Л.Ф. 1988. Земноводные и пресмыкающиеся // Фауна Дарвинского заповедника. Флора и фауна заповедников СССР. М., С. 26 – 27.
108. Карасева Е.В., Степанова Н.В., Телицына А.Ю., Мерзликин И.Р., Посельская О.И. Экологические различия двух близких видов – обыкновенной и восточноевропейской полевки // Синантропия грызунов. М. 1994. С. 60 – 76.

109. Карасёва Е.В., Тошигин Ю.В. Грызуны России. – М.: ИЭМЭЖ РАН 1993. – 164 с.
110. Карта растительности: О-37. Карта растительности европейской части СССР, масштаб: 1:1000000 , составлена: Научно-редакционная картосоставительская часть ГУГК, 1974 г.
111. Качугин Е.Г. Геологическое изучение динамики берегов водохранилищ. М.: Наука, 1975. - 147 с.
112. Качугин Е.Г. Инженерно-геологические исследования и прогнозы переработки берегов водохранилищ. - В кн.: Рекомендации по изучению вопроса переработки берегов водохранилищ. - М.: Госгеолитиздат, 1959. С. 3 – 89.
113. Колесников А.И. Декоративная дендрология. М.: Лесная промышленность, 1974. – 704 с.
114. Кондратьев Н. Е. Расчеты береговых переформирований на водохранилищах. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 64 с.
115. Корчагин А. А., Сенянина-Корчагина М.В. Леса Молого-Шекснинского междуречья // Тр. Дарвинского гос. заповедника. Вологда, вып. IV, 1957. С. 291 – 402.
116. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв. – М.: Аспект Пресс, 2005. – 190 с.
117. Красильников В.М., Соболев И.С. Уточнение морфометрических параметров водохранилищ на базе цифровых моделей рельефа // Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 272–280.
118. Криволуцкий Д.А. Экотональная экология и выживание популяций животных в условиях радиоактивного загрязнения // Экотоны в биосфере. М.: Изд-во РАСХН, 1997. С. 29–34.
119. Кринов, Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований. М.–Л. Изд-во АН СССР. 1947. – 271 с.
120. Круглова В.М. Пролетарское водохранилище. – Ростов-на-Дону: Из-во РГУ. 1972. – 98 с.
121. Крылов А. В. Зоопланктон равнинных малых рек. – М: Наука 2005, 264 с.
122. Куражковский, Л. Н. О затопленных лесах Рыбинского водохранилища / Л. Н. Куражковский // Рыбинское водохранилище. Ч. I. - М., 1953. - С. 12 – 20.
123. Кутузов А. В. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга систем «вода-суша» на равнинных водохранилищах (на примере Цимлянского водохранилища) // Исследование Земли из космоса, 2011. -№ 6. -С. 64 – 72.

124. Кутузов А.В. ГИС ландшафтов побережий крупных водохранилищ на основе полевых данных и ДДЗ. С. 260 – 265 /Материалы международной научной конференции «Актуальные проблемы геоботаники» 11-13 мая Алматы: 2011. – 349 с.
125. Кутузов А.В. К вопросу о численности мелких млекопитающих на побережье Рыбинского водохранилища / Биogeография. М.: РАСХН, 2000. Вып. №9 С. 18 – 23.
126. Кутузов А.В. Эколого-биологическая оценка влияния колебания уровня водохранилища на млекопитающих экотонной системы побережья. / Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы. С.163 – 175. – М.: Наука, 2005. – 365 с.
127. Кутузов А.В., Транквилевский Д.В., Царенко В.А., Жуков В.И. Возможности использования данных дистанционного зондирования при геоэкологическом исследовании водных антропогенных комплексов и их побережий при обеспечении контроля за природно-очаговыми и паразитарными инфекциями // Дезинфекционное дело. 2013. №1 С. 37 – 41.
128. Ландшафтная карта СССР. Гудилин И.С. (отв. ред.) М.: Министерство геологии СССР, Гидроспецгеология, 1980. – Масштаб 1:2 500 000.
129. Леонов В. Три «Почему ...» и пять принципов описания статистики в биомедицинских публикациях <http://www.biometrica.tomsk.ru/principals.htm> (Дата обращения: 01.11.2018)
130. Леонтьев А. М. Основные закономерности распространения растительности Молого-Шекснинского междуречья до образования Рыбинского водохранилища // Тр. Дарвинского гос. заповедника на Рыбинском водохранилище М., 1949. С. 9 – 32.
131. Леонтьев А. М. Физико-географические условия // Дарвинский заповедник. Вологда, 1957. С. 7 – 19.
132. Литвинов А. С., Рощупко В. Ф. Многолетние и сезонные колебания уровня Рыбинского водохранилища и их роль в функционировании его экосистемы / Водные ресурсы том 34, № 1, 2007, С. 33 – 40.
133. Литинская К. Д. Уровни воды озер-водохранилищ Карелии // Труды карельского филиала Академии наук СССР Материалы по гидрологии (лимнологии) Карелии. 3 Озера-водохранилища. Государственное издательство Карельской АССР Петрозаводск. - 132 с. Выпуск 31, 1961. С. 18 – 88.
134. Литинская К.Д. Режим уровней воды озер и водохранилищ Карелии. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1976. – 147 с.
135. Лифанов И. А. Организация чаши водохранилища (затопление и подтопление в гидротехническом строительстве). – М.: Госэнергоиздат, 1946. – 224 с.

136. Лугин О.С., Макаров А.И., Смирнова М.Е. «Экономико-экологическая оценка последствий создания ГЭС и водохранилищ» – М., 1977 – 68 с.
137. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 424 с.
138. Львович М.И. Вода и жизнь. – М.: Мысль, 1986. – 253 с.
139. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в её бассейне. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 346 с.
140. Мартазин Ю.М., Богословский Б.Б., Мацкевич И.К. Формирование водохранилищ и их влияние на природу и хозяйство. – Пермь: Пермский ун-т, 1981. – 96 с.
141. Матарзин Ю.М., Богословский Б.Б., Мацкевич И.К. Гидрологические процессы в верхних и нижних бьефах гидроузлов /учебное. пособие по спецкурсу "Гидрология водохранилищ" /; Под общ. ред. Ю.М. Матарзина. – Пермь: – ПГУ, 1978. – 91 с.
142. Микроочаговые процессы – индикаторы дестабилизированной среды /Ред. Н.М. Новикова. – М.:РАСХН, 2000. – 193 с.
143. Мильков Ф. Н. Ландшафтная сфера Земли. – М.: Мысль, 1970. – 208 с.
144. Мирзадинов Р.А., Курочкина Л.Я. Экотоны пустыни и их классификация // Проблемы освоения пустынь. 1985, № 2, С. 29 – 36.
145. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. М.: Высшая школа, 2005. – 463 с.
146. Мордухай-Болтовской Ф. Д. фауна беспозвоночных прибрежной зоны Рыбинского водохранилища // Природные ресурсы Молого-Шекснинской низины. Рыбинское водохранилище (часть III) Труды Дарвинского государственного заповедника, выпуск-ХII, Северо-западное книжное издательство, С. 158 – 195. 1974. – 254 с.
147. Мышевидные грызуны и их роль в лесообразовательном процессе на Камчатке : автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук : 06.03.03 / Приморская гос. с.-х. акад. - Уссурийск, 1996. - 23 с.
148. Назаров Н.Н. Переработка берегов равнинных водохранилищ России на современной стадии развития (конец XX в.–начало XXI в.) География и природные ресурсы, 2006, № 4, С. 12 – 19.
149. Налимов В.В. Теоретическая биология? Ее все еще нет... // Знание – сила. 1979. № 7. С. 9 – 11. Адрес в Интернет <http://www.biometrica.tomsk.ru/naukoved/nalimov1.htm>
150. Наумов Н.П. Экология животных. -М.: Высшая школа, 1963. – 618 с.
151. Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир. – М.: Мир, 1993. – Т. I. – 424 с., Т. II. – 336 с.
152. Немцев В.В. Птицы // Фауна Дарвинского заповедника. Флора и фауна заповедников СССР. М., – 1988. С. 29 – 57.

153. Неронов В. В. Развитие концепции экотонов и их роль в сохранении биологического разнообразия // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121, № 4. – С. 323 – 336.
154. Никонорова И. В. Морфология и динамика берегов Чебоксарского и Куйбышевского водохранилищ (в пределах границ Чувашской Республики): автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. геогр. наук: 11.00.04 / И. В. Никонорова. – Казань, 1998. – 19 с.
155. Об общественной экологической экспертизе проекта «Завершение разработки проектной документации «Строительство Чебоксарской ГЭС на реке Волге» в части, касающейся поднятия уровня Чебоксарского водохранилища до отметки нормального подпорного уровня 68 метров» // Астраханский вестник экологического образования № 4 (26) 2013. С. 231 – 253.
156. Об утверждении Временных правил технической эксплуатации и благоустройства Богучанского водохранилища на период строительства и первоначального заполнения до нормального подпорного уровня 208,0 м. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, федеральное агентство водных ресурсов – приказ от 20 июля 2015 года N 139. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/71173904/paragraph/1:0> (дата обращения: 20.11.2019).
157. Одум, Евгений. Экология / Пер. с англ. и предисл. проф. В. В. Алпатова. - Москва: Просвещение, 1968. – 168 с.
158. Оросительные и обводнительные системы СССР. М.: Изд-во Гипроводхоз, 1968. – 96 с.
159. Основы геоинформатики: в 2 кн./Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов.М: Академия, 2004. – 480 с.
160. Остроумов С.А. Концепции экологии: «экосистема», «биогеоценоз», «границы экосистем»: поиск новых определений // Вестник Московского университета, Биология, 2003, № 3, С. 43 – 50.
161. Остроумов С.А. Новые варианты определений понятий и терминов «экосистема» и «биогеоценоз» // Доклады Академии Наук. 2002. Т.383. № 4. С. 571 – 573.
162. Отчёт по полевым работам оценка влияния Пролетарского водохранилища на наземные экосистемы. ИВП РАН, Москва, 2006, – 71 с.
163. Отчёт по полевым работам по проблеме развития неогидроморфизма и засоления почв. ИВП РАН, Москва, 2004, – 56 с.
164. Пайл Р.М. 1983. Управление природными резерватами // Биология охраны природы. М., Мир. С. 357 – 367.

165. Папченков В.Г. О переувлажненных землях и их классификации на примере Среднего Поволжья // Экология, 1999. № 2. С. 121–129.
166. Печеркин И. А. Геодинамика побережий камских водохранилищ. – Пермь, 1969. – Ч. 2. Геологические процессы. – 308 с.
167. Печеркин И. А. Теоретические основы прогнозирования экзогенных геологических процессов на берегах водохранилищ: Учеб. пособие по спецкурсу / И. А. Печеркин, А. И. Печеркин, В. И. Каченов. - Пермь : ПГУ, 1980. – 85 с.
168. Писанов В.С. Динамика заболачивающихся сосняков в условиях подтопления Рыбинским водохранилищем // Лесоведение. - № 4, 1996. – С. 20 – 28.
169. Писанов В.С. Четыре десятилетия в условиях влияния водохранилища: динамика лишайниковых сосняков // Динамическая типология леса. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 192 – 197.
170. Поддубный С.А. Защищенные мелководья верхневолжских водохранилищ и их экологическое значение // Вода: химия и экология. 2013. № 11 (65). С. 35 – 40.
171. Поддубный С.А. Многолетние изменения площадей и объемов мелководной зоны верхневолжских водохранилищ в зависимости от колебаний уровня воды // Вода: химия и экология. 2013. № 8 (62). С. 3 – 7.
172. Поддубный С.А., Папченков В.Г., Чемерис Е.В., Бобров А.А. Заращение защищенных мелководий верхневолжских водохранилищ в связи с их морфометрией // Биология внутренних вод. 2017. № 1. С. 65 – 73.
173. Популяционная экология и морфология млекопитающих : [Сб. ст.] / Урал. науч. центр АН СССР; /Отв. ред. Л. Н. Добринский – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. – 149 с.
174. Пояркова Л. В. Влияние абиотических факторов на некоторые фито- и зоокомпоненты береговых экосистем Куйбышевского водохранилища /Взаимодействие между компонентами экологических систем. Казань. 1985. С. 150 – 154.
175. Пояснительная записка к временным правилам технической эксплуатации и благоустройства Богучанского водохранилища на период начального наполнения и первого этапа эксплуатации, НИИ «Гидропроект», Москва, 2011. – 91 с.
176. Природные ресурсы Молого-Шекснинской низины. Наземные позвоночные. Серия: «Труды Дарвинского государственного заповедника». Выпуск XI. Вологда Северо-Западное кн. изд-во 1973. – 254 с.
177. Пролетарское, водораздельные и Манычские водохранилища /Ред. В.А. Знаменский и В.М. Гейтенко. Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 203 с.
178. Работнов Т.А. История фитоценологии. М.: Аргус, 1995. – 158 с.

179. Работнов Т.А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1983. – 296 с.
180. Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. - М.: Сельхозгиз, 1938. – 620 с.
181. Раменский Л.Г. Основные закономерности растительного покрова и методы их изучения. – Вестн. опытно. дела. Воронеж. 1925. – 37 с.
182. Рассашко И.Ф., О.В. Ковалева, А.В. Крук Общая экология Тексты лекций для студентов специальности 1-33 01 02 «Геоэкология». – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. – 252 с.
183. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы) – М.: Журнал «Россия молодая», 1994 – 367с.
184. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Мозговой Д.П. Экологическая информатика: Учебное пособие. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 1993. – 151 с.
185. Розовский Л. Б. Вопросы теории геологического подобию и натурного моделирования // Труды Одесского ун-та. Сер. геол.-геогр. наук. – Т. 152, вып. 11, 1962. – 108 с.
186. Румянцев А.М. Регулирование использования водных ресурсов водохранилищ. М., Энергия, 1966. – 116 с.
187. Рыбинское водохранилище и его взаимодействие с окружающей средой / Н.В.Буторин, С.Л.Вендров, К.Н. Дьяконов и др. // Уч. зап. / Перм. ун-та им. А.М. Горького.- 1974.- № 330.- С. 47 – 61.
188. Рыбинское водохранилище и его жизнь. – Л.: Наука, 1972. – 363 с.
189. Савкин В. М. Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири : (При крупномасштаб. водохоз. мероприятиях) / В.М. Савкин; Отв. ред. В.И. Булатов; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние. Ин-т вод. и экол. пробл. - Новосибирск: Наука. Сиб. издат. фирма РАН, 2000. – 151 с.
190. Садыков О.Ф., Бененсон И.Е. Динамика численности мелких млекопитающих: концепции, гипотезы, модели / О. Ф. Садыков, И. Е. Бененсон; Рос. АН, Урал. отд-ние, Ин-т экологии растений и животных. - М.: Наука, 1992. – 190 с.
191. Салтанкин В. П. Рыбинское водохранилище [Электронный ресурс]: Научно-популярная энциклопедия «Вода России» URL: https://water.rf.ru/Водные_объекты/780/Рыбинское_водохранилище (дата обращения: 07.11.2019)
192. Селюнина З.В. Многолетний мониторинг динамики численности мышевидных грызунов Черноморского заповедника // Вестник зоологии. – 2003. – Т. 37, № 2. – С. 23 – 30.

193. Сеницын М.Г., Русанов А.В. Использование крупномасштабных аэрофотоснимков в изучении динамики ПТК на участках бобровых поселений. // Проблемы зоогеографического картографирования. М., 1991. С. 75 – 82.
194. Сметанич В.С. Водохранилища СССР: (Обзор и анализ науч.-техн. литературы) / Геогр. о-во СССР при АН СССР. Моск. филиал. – Москва, 1974. – 103 с.
195. Сметанич В.С. Книга. Рыбинское водохранилище. Ярославль: Яросл. кн. изд-во, 1961. – 80 с.
196. Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа. Бюлл. МОИП. Сер. Биологическая. 2006. Т. 111. № 2. С. 36–47.
197. Соколов А.А. Вода: проблемы на рубеже XXI века. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 164 с.
198. Соколов В.Е., Тупикова Н.В., Карасева Е.В. Кадастры грызунов - подходы и приемы создания (в порядке обсуждения). // Зоологический журнал. – Т.72, вып.12. – М. Наука. 1993. – С. 92-101.
199. Соловьёва В.В. Гидрботаническая характеристика прибрежных экотонов малых водохранилищ Среднего Поволжья // Самарский научный вестник. Выпуск № 2 (7), 2014. С. 114 – 116.
200. Соловьёва В.В. Что такое «экотон»? // Самарский научный вестник. 2014. № 2(7) С. 116 – 119.
201. Соловьёва В.В., Розенберг Г.С. Современное представление об экотонах или теория экотонов // Успехи современной биологии. 2006. Т. 126. № 6. С. 531 – 549.
202. Сохина Э.Н., Балюк Т.В. Экотоны Волго-Ахтубинской поймы / Аридные экосистемы т. 12, 30-31, 2006. – С. 84 – 92.
203. Справочник гидрогеолога. М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 616 с.
204. Степановских А.С. Экология. Учебник для вузов М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 703 с.
205. Сукачев В.Н. Избранные труды. Л.: Наука. 1972. Т. 1. – 417 с.
206. Сутырина Е. Н. Определение морфометрических характеристик искусственных водоемов по данным дистанционного зондирования (на примере водохранилищ Суховской и Тельминской ГЭС) // Известия Иркутского государственного университета. – 2010. – т. 3 – № 2. – С. 167–178.
207. Танфильев Г.И. Географические работы. – М.: Гос. изд-во геогр. лит., 1953. – 676 с.
208. Терминологический словарь по физической географии /Ф.Н. Мильков, А.В. Бережной, В.Б. Мохно, под ред. Ф.Н. Милькова. М.: Высшая школа, 1993. – 287 с.

209. Тихомиров О. А. Формирование, динамика и экологическое состояние аквальных комплексов равнинных водохранилищ / Специальность 25.00.23 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. – Москва, 2011. – 46 с.
210. Токмакова С.Г. Оптимальная плотность грызунов и поток энергии в травянистых сообществах лесотундры / Специальность 03.00.16. – Биогеоценология и экология. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Таллин Совет по биологическим наукам АН Эстонской ССР. 1975. – 27 с.
211. Транквилевский Д.В., Борисов С.А., Киселева Е.Ю., Матросов А.Н., Удовиков А.И., Захаров К.С., Сурков А.В., Кутузов А.В., Жуков В.И., Корсак М.Н., Бережная Т.В., Бережной А.В., Трегубов О.В., Шефтель Б.И. О результатах наблюдений за водяной полевкой (*Arvicola amphibius* Linnaeus, 1758) на территории Российской Федерации в 2011-2014 гг. по данным учреждений Роспотребнадзора // Пест-менеджмент. 2014. № 4 (92). С. 14 – 26.
212. Транквилевский Д.В., Квасов Д.А., Клепиков О.В., Простаков Н.И., Куролап С.А., Сурков А.В., Кутузов А.В., Царенко В.А., Корсак М.Н., Жуков В.И. Особенности сезонной численности мелких млекопитающих в закрытых луго-полевых станциях на Окско-Донской низменной равнине, Среднерусской возвышенности и степи с точки зрения эпидемиологического значения. Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 5 (254). С. 31 – 35.
213. Транквилевский Д.В., Квасов Д.А., Ромашова Н.Б., Ромашов Б.В., Родионова С.А., Лавров В.Л., Простаков Н.И., Труфанова Е.И., Манжурина О.А., Сурков А.В., Трегубов О.В., Кутузов А.В., Клепиков О.В., Стёпкин Ю.И., Чубирко М.И., Царенко В.А., Жуков В.И. Вопросы профилактики природно-очаговых инфекций в условиях развития экотуризма Центрального Черноземья // Здоровье населения и среда обитания, 2013, № 7 (244), С. 27 – 30.
214. Транквилевский Д.В., Квасов Д.А., Сурков А.В., Кутузов А.В., Жуков В.И. Анализ структуры населения мелких млекопитающих в закрытых луго-полевых станциях Окско-донской низменной равнины и Среднерусской возвышенности // Здоровье населения и среда обитания, 2013, № 5 (244), С. 36 – 39.
215. Транквилевский Д.В., Стрыгина С.О., Кутузов А.В., Бахметьева Ю.О., Трегубов О.В., Родина И.В., Бернштейн А.Д., Коротина Н.С., Дзагурова Т.К., Стёпкин Ю.И., Чубирко М.И., Ткаченко Е.А.. Многолетняя динамика численности и видовой состав мелких млекопитающих в открытых лугополевых станциях Воронежской области и

- изменение эпизоотологической и эпидемиологической ситуации в очагах зоонозов // Дезинфекционное дело. 2011. №1 С. 48 – 57.
216. Труды Гидрологического института. Новая серия / Гидрологический институт. Ленинград . – Москва- Ленинград : Гидрометеиздат, 1947-1992 Вып.011: Рыбинское водохранилище Ч.1 . – 1951 . – 239 с.
217. Тупицина Л.Ф. Ондатра в Дарвинском заповеднике. // Мелкие млекопитающие заповедных территорий. Сборник научных трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР. М.: 1984. С. 59 – 69.
218. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 327 с.
219. Филиппов О. В. Формирование природных аквальных комплексов озерной части Волгоградского водохранилища в условиях измененного гидрологического режима: Автореферат дис. ... кандидата географических наук : 25.00.23 / Волгогр. гос. архитектур.-строит. акад. – Волгоград, 2004. – 24 с.
220. Филонов К.П. Летопись природы // Опыт работы и задачи заповедников СССР. М.: Наука, 1979. С. 40 – 53.
221. Филькин Т. Г. Состояние почвенно-растительного покрова в зоне подтопления Камским водохранилищем 03.02.08 – Экология (Биология) Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата биологических наук. Пермь – 2011. – 23 с.
222. Филькин Т.Г., Ерёмченко О.З. Трансформация морфогенетических признаков почв в зоне подтопления Камским водохранилищем // Вестник Удмуртского университета 2011. Вып. 2 биология. науки о Земле. – С. 20 – 30.
223. Хабидов А. Ш. Динамика береговой зоны крупных водохранилищ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 102 с.
224. Ханина Л.Г., Бобровский М.В., Смирнов В.Э., Грозовская И.С., Романов М.С., Лукина Н.В., Исаева Л.Г. Функциональные группы видов и микрогруппировки лесного напочвенного покрова для моделирования его динамики // Математическая биология и биоинформатика. 2015. Т. 10. № 1. С. 15 – 33.
225. Харченко Т.А. Концепция экотонов в гидробиологии // Гидробиол. журн. – 1991. – Т. 27, № 4. – С. 3 – 9.
226. Царегородцева А. Г., Сидорова И. В. Геоэкологические особенности экотонных геокомплексов озерно-речной системы: учебно-методическое пособие для естественно-научных специальностей высших учебных заведений / А. Г. Царегородцева, И. В. Сидорова – Павлодар: Кереку, 2012. – 67 с.
227. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М., 1983. – 197 с.

228. Чеботарев А.И., Гидрология суши и расчеты речного стока – Ленинград :Гидрометеиздат, 1953. – 563 с.
229. Чеботарев, А.И. Общая гидрология / А.И. Чеботарев. – М.: Высшая школа, 1975. – 544 с.
230. Чернявский Ф.Б. Лемминговые циклы // Природа. 2002. №10. С 34 – 41.
231. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. – 278 с.
232. Шикломанов И.А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 302 с.
233. Шилов И. А., Калецкая М. Л., Ивашкина И. Н., Солдатова А. Н. Сравнение морфофизиологических показателей популяций полевков-экономок в Дарвинском заповеднике // Тр. Дарвин, гос. зап-ка. 1973 б. Вып. 11. С. 106 – 111.
234. Шилов И.А. Экология. М.: Высшая школа. 2000. – 512 с.
235. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1998. – 512 с.
236. Шилов И.А., Калецкая М.Л., Ивашкина И.Н. и др. Эколого-физиологическая характеристика островной и материковой популяции полевки-экономки в Дарвинском заповеднике // Тарвинского гос. заповедника. Вологда, 1973. Вып. 2. С. 76 – 106.
237. Широков В.М. Конструктивная география рек: основы преобразования и природопользования. Минск: Изд. Минского ун-та, 1985. – 189 с.
238. Широков В.М. Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири. Новосибирск, Наука, 1974. – 172 с.
239. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
240. Щеголев В.Н. Фауна, биология и экономическое значение млекопитающих Череповецкой губернии. Тр. о-ва по изучению Череповецкого края. Череповец. 1925. – 37 с.
241. Щербаков Ю. А. Склоновые ландшафты: Учеб. пособие / Калинин КГУ 1982. – 88 с.
242. Эдельштейн К.К. Водоохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М.: ГЕОС, 1998. – 277 с.
243. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л.А. Жукова, Ю.А. Дорогова, Н.В. Турмухаметова [и др.]; под общ. ред. проф. Л.А. Жуковой; Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2010. – 368 с.
244. Экология: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по биологическим специальностям / А. Т. Федорук. – 2-е изд., испр. – Минск :Вышэйшая школа, 2013. – 461 с.

245. Юго-восток Европейской части СССР/Ред. коллегия. М.: Наука, 1971. 457 с.
246. Юргенсон П. Б. Биологические основы охотничьего хозяйства в лесах. «Лесная промышленность», 1973. – 176 с.
247. Яблоков А.В., Остроумов С.А. Охрана природы: проблемы и перспективы. М.: Леспромиздат, 1983. 272 с.
248. Яблоков А.В., Остроумов С.А. Уровни охраны живой природы. М.: Наука, 1985. – 176 с.
249. Begon M., M. Mortimer. 1981. Population ecology : a unified study of animals and plants. Sinauer Associates Paperback. – 200 p.
250. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. 1979. FWS3OBS-79/31. – Washington DC. – 131 p.
251. Clements F.E. Nature and structure of the climax. 1936. Journ. Ecol., 25, pp. 253 – 284.
252. Clements F.E. Research Methods in Ecology. 1905. Lincoln, Nebraska: Univ. Publ. Co. – 334 p.
253. Ellinor Bro Larsen. Studies on the Soil Fauna of Skallingen. 1951. Oikos, Vol. 3, Fasc. 2, pp. 166 – 192. Published by: Wiley on behalf of Nordic Society Oikos Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/3565183> .Accessed: 09/02/2013 11:03 Your
254. Fatih Evrendilek and Onder Gulbeyaz: Deriving Vegetation Dynamics of Natural Terrestrial Ecosystems from MODIS NDVI/EVI Data over Turkey Sensors 2008, 8(9), pp. 5270 – 5302; doi:10.3390/s8095270.
255. Gorokhova I. N., Kupriyanova E. I. 2012. Assessment of soil degradation processes in the water protectionzone of the Ivan'kovskoe water reservoir on the basis of aerial survey materials. Eurasian Soil Science, Vol. 45, No. 1, pp. 80 – 89.
256. Havens K.E., Gawlik D.E. 2005. Lake Okeechobee conceptual ecological model. Wetlands Vol. 25, No. 4, pp. 908 – 925.
257. Hiranya Kelum Wijenayake W. M., Ajith Kumara Gunaratne A. B., Sena S. De Silva, Upali S. Amarasinghe. 2014. Use of geographical information system and remote sensing techniques for planning culture-based fisheries in non-perennial reservoirs of Sri Lanka Lakes and Reservoirs: Research and Management. Vol. 19: pp. 183 – 191.
258. Hudson Paul F., Hans Middelkoop. 2015. Geomorphic Approaches to Integrated Floodplain Management of Lowland Fluvial Systems in North America and Europe. Springer. New York Heidelberg Pordrceht London ft Springer New York. – 32 p.
259. Jahan C.S., Rahaman M.F. Arefin, R., Shamsar A., Mazumder Q.H., 2018. Morphometric Analysis and Hydrological Inference for Water Resource Management in Atrai-Sib River

- Basin, NW Bangladesh Using Remote Sensing and GIS Technique. *Journal Geological Society Of India* Vol.91, pp. 613 – 620.
260. Johnston, C. A., and Naiman, R.J. 1987. Boundary dynamics at the aquatic terrestrial interface: The influence of beaver and geomorphology. // *Landscape Ecology*, vol. 1, no. 1, pp. 47 – 57.
261. Kiss M., Deák J. Á. and Bárányi-Kevei I. 2009. Complex landscape ecotone analysis on the borderline region of two landscapes in the south Great Plain (Hungary) / *Acta climatologica et chorologica Universitatis Szegediensis*, Vol. 42-43. pp. 67 – 77.
262. Kusre B. C., 2016. Morphometric Analysis of Diyung Watershed in Northeast India using GIS Technique for Flood Management *Journal of the Geological Society of India* Vol.87, pp. 361 – 369.
263. Livingston B. E. 1903. The distribution of the upland of Kent Country, Michigan. *Bot. Gaz.* Vol. 35. pp. 36 – 55.
264. Michelle E. Greenlaw, John C. Roff, Anna M. Redden, Karel A. Allard. 2011. Coastal zone planning: a geophysical classification of inlets to define ecological representation // *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems* 21: John Wiley & Sons, Ltd. pp. 448 – 461.
265. Munir B.A., Iqbal J., 2016. Flash flood water management practices in Dera Ghazi Khan City (Pakistan): a remote sensing and GIS prospective. *Natural Hazards*, Volume 81, Issue 2, pp 1303 – 1321.
266. Naiman, R.J.; Décamps, H.; Fournier, F. (Eds). 1989. The role of land/inland water ecotones in landscape management and restoration: a proposal for collaborative research. *MAB Digest*, 4. Unesco, Paris. – 94 p.
267. Negm A., Elshabi M., Abdel-Fattah S. 2016. Estimating the Sediment and Water Capacity in the Aswan High Dam Lake Using Remote Sensing and GIS Techniques. In: Negm A. (eds) *The Nile River. The Handbook of Environmental Chemistry*, vol 56. Springer, Cham. 741 p., pp. 79 – 104.
268. Ostroumov S.A., Dodson S., Hamilton D., Peterson S., Wetzel R.G. 2000. Medium-term and long-term priorities in ecological studies for the 21-st century. In: Ostroumov, S.A. (ed.). *Aquatic Ecosystems and Organisms. Ecological Studies, Hazards and Solutions*. V. 3. Moscow: MAX Press, pp. 25 – 27.
269. Pang Z., Ge D., Fu J.E., 2011. Eco-environment evolvement analysis of Ertan reservoir catchment based on remote sensing. *Science China Technological Sciences*. Vol.54, Suppl. 1, pp. 95 – 100.

270. Papchencov V.G. 1999. On Wetlands and Their Classification: An Example from the Middle Volga Region // МАИК «Наука/ Interperiodica». pp. 108 – 111.
271. Prafull Singh, Ankit Gupta, Madhulika Singh. 2014. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques, Egypt. J. Remote Sensing Space Sci. Volume 17, Issue 2, pp. 111 – 121.
272. Remane, A., Schlieper, C. 1971. Biology of brackish water. Die Binnengewässer V. 25. New York: Wiley. 372 p.
273. Roberts J., Colloff M.J. Doody T.M. 2016. Vegetation of Australian Riverine Landscapes: Biology, Ecology and Management. Eds. Capon, S., James, C. & Reid, M., CSIRO Publishing, Melbourne, Riverine vegetation of inland south-eastern Australia. pp. 177 – 199.
274. Trefethen J.B. 1973. Man-Made Lakes and Wildlife Values. – In: Man-made lakes: Their problems and environmental effects. Wash. pp. 750 – 754.
275. Tsolakidis I., Vafiadis M. 2019. Comparison of Hydrographic Survey and Satellite Bathymetry in Monitoring Kerkini Reservoir Storage. Environmental Processes, Volume 6, Issue 4, pp. 1031 – 1049.
276. Tundisi J.G., Matsumura-Tundisi T. 2003. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. Hydrobiologia 500: pp. 231 – 242.
277. Voles, Mice, and Lemmings; Problems in Population Dynamics. by Charles Elton Author(s) of Review: William Henry Burt The American Naturalist, Vol. 76, No. 767 (Nov. Dec., 1942), pp. 611 – 614.
278. Wetzel B. 2001. Limnology. 3rd edition. San Diego et al.: Academic Press. – 1006 p.
279. Whittaker R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation // Bot. Rev. V. 42 , pp. 207 – 264.
280. Wilen B.O. 1990. The U.S. Fish and Wildlife Service's National Wetlands Inventory // Biological Report, № 18. pp. 9 – 19.
281. Yablokov A.V., Ostroumov S.A. 1991. Conservation of Living Nature and Resources: Problems, Trends and Prospects. Berlin et al.: Springer-Verlag, – 272 p.
282. Zolnikov I.D., Glushkova N.V., Smolentseva E.N., Chupina D.A., Pchel'nikov D.V., Lyamina V.A. 2016. GIS and Remote Sensing Data-Based Methods for Monitoring Water and Soil Objects in the Steppe Biome of Western Siberia. In: Mueller L., Sheudshen A., Eulenstein F. (eds) Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia. Springer Water. Springer, Cham 760 p, pp 253 – 268.
283. <http://77.108.74.231/Hydoposts/default.aspx> (дата обращения: 07.06.2011)
284. http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_biology/6616 (дата обращения: 01.11.2020)
285. <http://edcdaac.usgs.gov/modis/mod13q1.asp> (дата обращения: 07.06.2011)

286. <http://ekolog.org/books/3/> (дата обращения: 01.02.2020)
287. http://eos-webster.sr.unh.edu/data_guides (дата обращения: 07.06.2011)
288. <http://epizodsspace.testpilot.ru/bibl/getlend/07.html> (дата обращения: 07.06.2011)
289. http://gis-lab.info/docs/atbd_mod13.pdf (дата обращения: 01.11.2020)
290. <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 11.11.2017)
291. http://www.sevin.ru/volecomag/issues/2009_2/PEJ_2009_2_125-136.pdf (дата обращения: 11.11.2017)
292. http://humangarden.ru/bd/redbook/findrb.php?id_red=46 (дата обращения: 13.11.2006)
293. <http://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/01-50/04.html> (дата обращения: 11.11.2017)
294. <http://oopt.info/darvin/physgeo.html> (дата обращения: 01.11.2020)
295. <http://rspu.edu.ru/projects/plants/diant.html> (дата обращения: 03.11.2006)
296. <http://www.activestudy.info/pochvennoe-kartografirovanie> (дата обращения: 11.11.2017)
297. <http://www.biodiversity.ru/wetlands/manych/index.html> (дата обращения: 13.10.2006)
298. <http://www.doncomeco.ru/reserves/wodno-bolotnye/?print=1> (дата обращения: 13.10.2006)
299. <http://www.jcbi.ru/eco1/search.php?s=a> (дата обращения: 26.10.2006)
300. <http://www.landscape.edu.ru/files/sbornikLP/Solodyankina.pdf> (дата обращения: 26.10.2006)
301. https://lpdaac.usgs.gov/product_search/?query=modis&view=cards&sort=title (дата обращения: 01.11.2020)
302. https://water-rf.ru/Глоссарий/4067/Нормативные_уровни_водохранилища (дата обращения: 01.11.2020)
303. СП 33-101-2003 Свод правил по проектированию и строительству определение основных расчетных гидрологических характеристик
<http://docs.cntd.ru/document/1200035578> (дата обращения: 01.11.2020)

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

GLONASS – система спутникового географического позиционирования (**G**lobal **N**avigation **S**atellite **S**ystem).

GPS – система спутникового географического позиционирования (Global Positioning System).

БГД – база геоданных.

БД – база данных.

БПЛА – беспилотные летательные аппараты.

БС – балтийская система (высот), принятая в России и ряде других стран.

ГИС – географическая информационная система.

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли (спутниковая съёмка в разных спектральных каналах электромагнитного диапазона).

НПУ – нормальный подпорный уровень.

ООПТ – особо охраняемые природные территории.

УВДХ – уровень воды водохранилища.

УГВ – уровень грунтовых вод.

УМО – уровень мёртвого объёма.

УНС – уровень навигационной сработки.

ФПУ – форсированный подпорный уровень.

ЦМР – цифровая модель рельефа.

ЦП – цимлянский профиль, трансекта на побережье Цимлянского водохранилища.

ЛВС – ландшафт «вода-суша».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Важные характеристики используемых данных спутниковых снимков. Для спутника серии Ландсат (Landsat) – Ландсат-8, съёмочная аппаратура представлена телескопом OLI [https://landsat.gsfc.nasa.gov/pdf_archive/20101119_LDCMbrochure.pdf]. Диапазоны электромагнитного спектра, в которых получается набор снимков Ландсат-8, указаны в таблице – Таблица 22.

Таблица 23. Диапазон снимков OLI.

Спектральный канал	Длины волн	Разрешение (на один пиксель)
Канал 1 – побережья и аэрозоли (Coastal / Aerosol, New Deep Blue)	0,433–0,453 мкм	30 м
Канал 2 – синий (Blue)	0,450–0,515 мкм	30 м
Канал 3 – зелёный (Green)	0,525–0,600 мкм	30 м
Канал 4 – красный (Red)	0,630–0,680 мкм	30 м
Канал 5 – ближний ИК (Near Infrared, NIR)	0,845–0,885 мкм	30 м
Канал 6 – ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 2)	1,560–1,660 мкм	30 м
Канал 7 – ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3)	2,100–2,300 мкм	30 м
Канал 8 – панхроматический (Panchromatic, PAN)	0,500–0,680 мкм	15 м
Канал 9 – перистые облака (Cirrus, SWIR)	1,360–1,390 мкм	30 м
Канал 10 – дальний ИК (Long Wavelength Infrared,	10,30 – 11,30 мкм	100 м

TIR1)		
Канал 11 – дальний ИК (Long Wavelength Infrared, TIR2)	11,50 – 12,50 мкм	100 м

Для спутника серии Сентитнел (Sentinel) – Sentinel-2, съёмочная аппаратура представлена телескопом MSI <https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument> и https://lta.cr.usgs.gov/sentinel_2 – Таблица 23.

Таблица 24. Спектральные каналы для мультиспектрального прибора (Multi Spectral Instrument – MSI) для спутников Сентинел-2 (Sentinel-2) датчики (S2A&S2B).

	S2A		S2B		
Номер канала	Центр канала (нм)	Ширина канала (нм)	Центр канала (нм)	Ширина канала (нм)	Пространственное разрешение (м)
1	443,9	27	442,3	45	60
2	496,6	98	492,1	98	10
3	560,0	45	559	46	10
4	664,5	38	665	39	10
5	703,9	19	703,8	20	20
6	740,2	18	739,1	18	20
7	782,5	28	779,7	28	20
8	835,1	145	833	133	10
8a	864,8	33	864	32	20
9	945,0	26	943,2	27	60
10	1373,5	75	1376,9	76	60
11	1613,7	143	1610,4	141	20
12	2202,4	242	2185,7	238	20
TCI*	RGB	Composite	10		

Соотношение каналов съёмки разными космическими аппаратами (спутниковая аппаратура) и спектра отражения для типичного объекта – трава, представлены на рисунке – Рисунок 55. Основной отражающий компонент здесь – хлорофилл, широко представленный в период вегетации на суше и водной среде (комплекс микроскопических фотосинтезирующих организмов – фитопланктон, вызывающий «цветение воды», макрофиты).

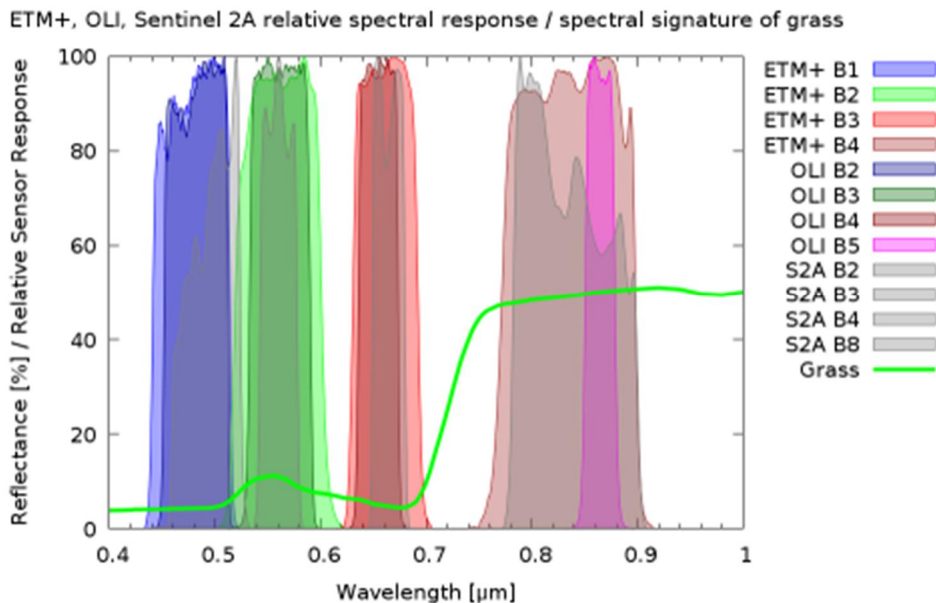


Рисунок 55 – Сравнение спектральных характеристик датчиков Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI и Sentinel 2A MSI в видимой и ближней инфракрасной частях спектра. Зелёная линия – спектральная яркость хлорофилла травы.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Spectral_responses_of_Landsat_7_ETM%2B%2C_Landsat_8_OLI_and_Sentinel_2_MSI_in_the_visible_and_near_infrared.png
<https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-data-users-handbook>

Спектральные библиотеки по отражающим поверхностям Земли можно найти по адресам:
<https://speclib.jpl.nasa.gov/download>, <https://crustal.usgs.gov/speclab/QueryAll07a.php>

По данным Кринова [Кринов, 1947] построен график – Рисунок – 56.

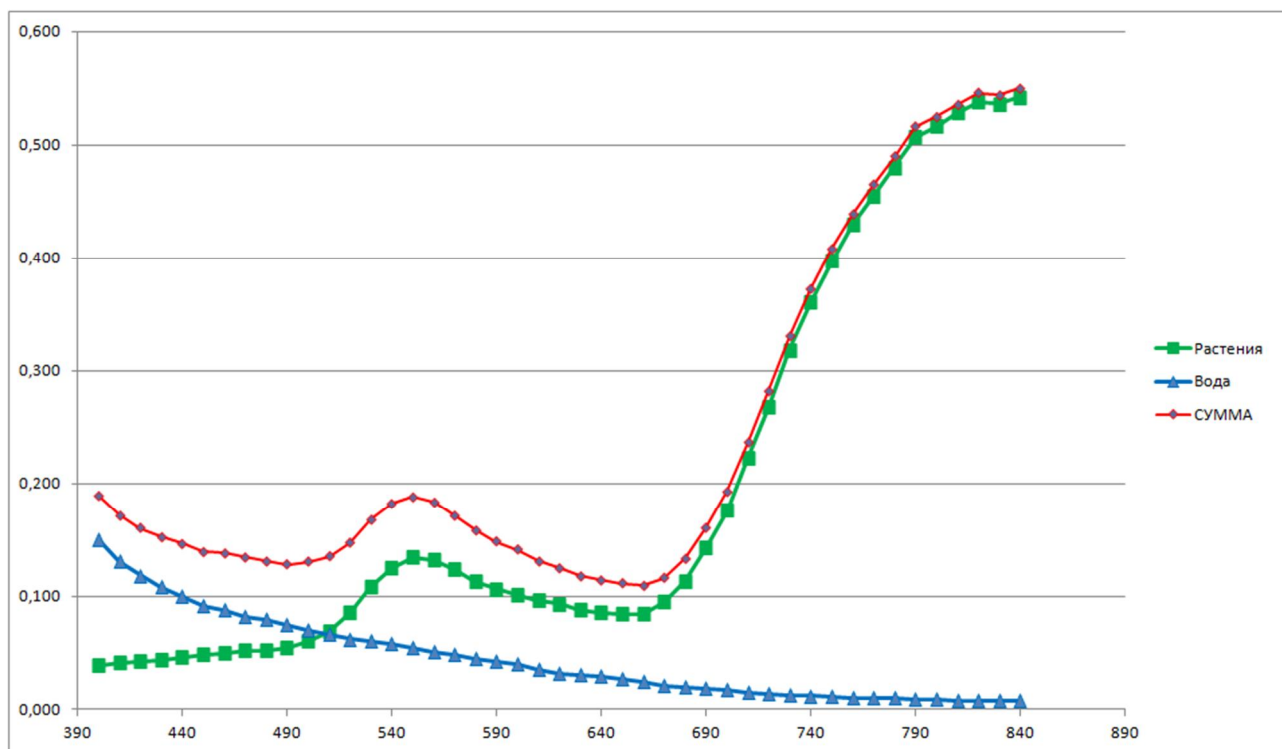


Рисунок – 56. Соотношение спектральной яркости для воды и зелёных растений при разной длине световых волн видимой части электромагнитного спектра. По горизонтали – длина волн (нм), по вертикали – доля отражённого света.

Возможности использования современных и архивных снимков поверхности Земли. Хронология запусков спутников Landsat и сроки их работы на орбите Земли.

Landsat 1 (изначально ERTS-1, Earth Resources Technology Satellite 1) – запущен 23 июля 1972,[7] прекратил работу 6 января 1978

Landsat 2 (ERTS-B) – запущен 22 января 1975, прекратил работу 22 января 1981

Landsat 3 – запущен 5 марта 1978, прекратил работу 31 марта 1983

Landsat 4 – запущен 16 июля 1982, прекратил работу в 1993

Landsat 5 – запущен 1 марта 1984, прекратил работу 21 декабря 2012[8]

Landsat 6 – запуск 5 октября 1993, на целевую орбиту не выведен

Landsat 7 – запущен 15 апреля 1999, функционирует. В мае 2003 произошел сбой модуля Scan Line Corrector (SLC). С сентября 2003 используется в режиме без коррекции линий сканирования, что уменьшает количество получаемой информации до 75 % от изначальной.[9]

Landsat 8 – запущен 11 февраля 2013[10]. 30 мая 2013 после окончания тестирования и настройки передан под управление USGS.[11]

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat>

7 [Landsat Looks and Sees : Feature Articles](#)

8 [Mission Accomplished for Landsat 5](#)

9 [The Landsat Program – History](#) Архивировано 20 сентября 2010 года.

10 <http://www.space.com/19728-nasa-launches-landsat-earth-satellite-ldcm.html>

11 https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con. Дата обращения 08.10.2019.

Для анализа спутниковых снимков, полученных разной аппаратурой, важно учитывать различия в их оптических характеристиках и пространственном разрешении – Таблица 24.

Таблица 25. Сравнение: Landsat 8-5 (OLI;ETM+;ETM сенсоры)

OLI Спектральный канал	OLI Длины волн, мкм	OLI (ETM+, ETM) Разрешение (на один пиксель), м	ETM+	ETM
Канал 1	0,433–0,453	30	0,45-0,515	0,45-0,52
Канал 2	0,450–0,515	30	0,525-0,605	0,52-0,60
Канал 3	0,525–0,600	30	0,63-0,69	0,63-0,69
Канал 4	0,630–0,680	30	0,775-0,90	0,76-0,90
Канал 5	0,845–0,885	30	1,55-1,75	1,55-1,75
Канал 6	1,560–1,660	30(60, 120)	10,4-12,5	10,41-12,5
Канал 7	2,100–2,300	30	2,08-2,35	2,08-2,35
Канал 8	0,500–0,680	15	0,52-0,9	
Канал 9	1,360–1,390	30		
Канал 10	10,30 – 11,30	100		
Канал 11	11,50 – 12,50	100		

Датчик Landsat Multispectral Scanner (MSS) находился на борту спутников Landsat 1 – Landsat 5 и получал изображения Земли регулярно с июля 1972 по октябрь 1992 года. В июне 2012 года датчик MSS был снова включен, для проверки и датчик собирал данные до января 2013 года – Таблица 25. Съёмочная аппаратура ТМ (тематический картограф) на спутниках Landsat 4-5 работала с 16 июля 1982 по 21 декабря 2012 – Таблица 26. https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-1-5-multispectral-scanner-mss-level?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects – дата обращения 08.10.2019

Таблица 26. Многоспектральный сканер Landsat 1-5 (MSS)

Landsat 1-3	Landsat 4-5	Длина волны, мкм	Разрешение, м
Канал 4	Канал 1	0,5-0,6	60
Канал 5	Канал 2	0,6-0,7	60
Канал 6	Канал 3	0,7-0,8	60
Канал 7	Канал 4	0,8-1,1	60

Таблица 27. Landsat 4-5 тематический картограф (TM)

Landsat 4-5	Длина волны, мкм	Разрешение, м
Канал 1	0,45-0,52	30
Канал 2	0,52-0,60	30
Канал 3	0,63-0,69	30
Канал 4	0,76-0,90	30
Канал 5	1,55-1,75	30
Канал 6	10,40-12,50	120 (30)
Канал 7	2,08-2,35	30

В настоящее время на орбите функционируют следующие российские космические аппараты (КА) – <http://www.ntsomz.ru/zakaz/data/print/print>: (дата обращения 11.03.2018)

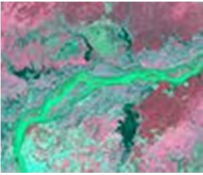
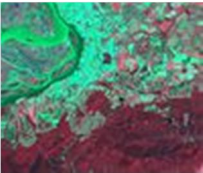
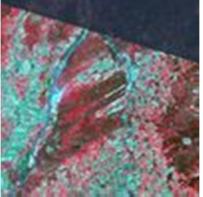
Таблица 28. Работающие российские космические аппараты (КА) (по состоянию на март 2018 г.).







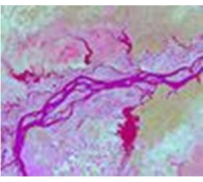

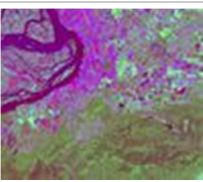

Название КА	Дата	Примечания
«Ресурс-П» №1	запущен 25.06.2013	
«Ресурс-П» №2	запущен 26.12.2014	
«Ресурс-П» №3	запущен 13.03.2016	
«Канопус-В» №1	запущен 22.07.2012	
«Метеор-М» №2	запущен 08.07.2014	
«Ресурс-ДК»	запущен 15.06.2006	(только архивная информация)
«Метеор-М» №1	запущен 17.09.2009	(только архивная информация)





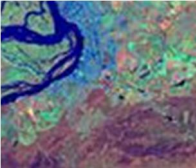

«Электро-Л» №1	запущен 20.01.2011	(только архивная информация)
«Электро-Л» №2	запущен 11.12.2015	

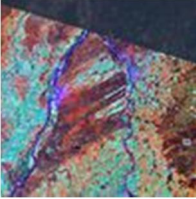

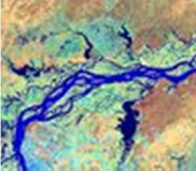
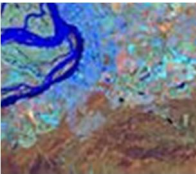

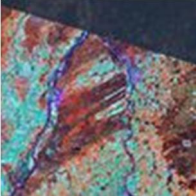

Снимки, сделанные в различных спектральных диапазонах (каналах) часто комбинируют, для наглядного отображения особенностей поверхности Земли и в целях тематического анализа – Таблица 28.

Таблица 29. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ (<http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>) (дата обращения 09.10.2019)









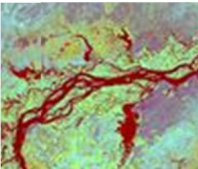

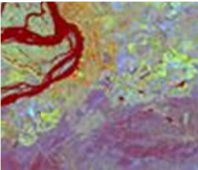

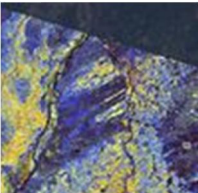

Комбинация Landsat 5,7	Комбинация Landsat 8	Возможная информация	Примеры
4,3,2	5,4,3	Стандартная комбинация «искусственные цвета». Растительность отображается в оттенках красного, городская застройка – зелено-голубых, а цвет почвы варьируется от темно до светло коричневого. Лед, снег и облака выглядят белыми или светло голубыми (лед и облака по краям). Хвойные леса будут выглядеть более темно-красными или даже коричневыми по сравнению с лиственными. Эта комбинация очень популярна и используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур. В целом, насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую или редколесья/кустарниковую растительность.	  







3,2,1	4,3,2	<p>Комбинация «естественные цвета». В этой комбинации используются каналы видимо диапазона, поэтому объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим глазом. Здоровая растительность выглядит зеленой, убранные поля – светлыми, нездоровая растительность – коричневой и желтой, дороги – серыми, береговые линии – белесыми. Эта комбинация каналов дает возможность анализировать состояние водных объектов и процессы седиментации, оценивать глубины. Также используется для изучения антропогенных объектов. Вырубки и разреженная растительность детектируются плохо, в отличие от комбинации <u>4-5-1</u> или <u>4-3-2</u>. Облака и снег выглядят одинаково белыми и трудноразличимы. Кроме того, трудно отделить один тип растительности от другого. Эта комбинация не позволяет отличить мелководье от почв в отличие от комбинации <u>7-5-3</u>.</p>	     
7,4,2	7,5,3	<p>Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам, но в тоже время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, травянистые сообщества – зелеными, ярко розовые участки детектируют открытую почву, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности.</p>	   

		<p>Сухостойная растительность выглядит оранжевой, вода- голубой. Песок, почва и минералы могут быть представлены очень большим числом цветов и оттенков. Эта комбинация дает великолепный результат при анализе пустынь и опустыненных территорий. Кроме того, может быть использована для изучения сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий. Сгоревшие территории будут выглядеть ярко красными. Эта комбинация используется для изучения динамики пожаров и пост-пожарного анализа территории. Городская застройка отображается в оттенках розово-фиолетового, травянистые сообщества – зелеными и светло зелеными. Светло зеленые точки внутри городских территорий могут быть парками, садами или полями для гольфа (актуально для России :)). Оливково-зеленый цвет характерен для лесных массивов и более темный цвет является индикатором примеси хвойных пород.</p>	 
4,5,1	5,6,2	<p>Здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого. Почвы могут выглядеть зелеными или коричневыми, урбанизированные территории – белесыми, серыми и зелено-голубыми, ярко голубой цвет может детектировать недавно вырубленные территории, а красноватые – восстановление растительности или</p>	   

		<p>разреженную растительность. Чистая, глубокая вода будет выглядеть очень темно синей (почти черной), если же это мелководье или в воде содержится большое количество взвесей, то в цвете будут преобладать более светлые синие оттенки. Добавление среднего инфракрасного канала позволяет добиться хорошей различимости возраста растительности. Здоровая растительность дает очень сильное отражение в 4 и 5 каналах. Использование комбинации <u>3-2-1</u> параллельно с этой комбинацией позволяет различать затопляемые территории и растительность. Эта комбинация малопригодна для детектирования дорог и шоссе.</p>	 
4,5,3	5,6,4	<p>Эта комбинация ближнего, среднего ИК-каналов и красного видимого канала позволяет четко различить границу между водой и сушей и подчеркнуть скрытые детали плохо видимые при использовании только каналов видимого диапазона. С большой точностью будут детектироваться водные объекты внутри суши. Эта комбинация отображает растительность в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого. Эта комбинация дает возможность анализа влажности и полезны при изучении почв и растительного покрова. В целом, чем выше влажность почв, тем темнее она будет выглядеть, что обусловлено поглощением водой излучения ИК диапазона.</p>	     

7,5,3	7,6,4	<p>Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам, но в тоже время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Растительность отображается в оттенках темно и светло зеленого, урбанизированные территории выглядят белыми, зелено-голубыми и малиновыми, почвы, песок и минералы могут быть очень разных цветов.</p> <p>Практически полное поглощение излучения в среднем ИК-диапазоне водой, снегом и льдом позволяет очень четко выделять береговую линию и подчеркнуть водные объекты на снимке. Горячие точки (как, например, кальдеры вулканов и пожары) выглядят красноватыми или желтыми. Одно из возможных применений этой комбинации каналов – мониторинг пожаров. Затопляемые территории выглядят очень темно синими и почти черными, в отличие от комбинации <u>3-2-1</u>, где они выглядят серыми и плохо различимы.</p>	  
5,4,3	6,5,4	<p>Как и комбинация <u>4-5-1</u> эта комбинация дает дешифровщику очень много информации и цветовых контрастов. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, а почвы – розовато-лиловыми. В отличие от <u>7-4-2</u>, включающей 7 канал и позволяющей изучать геологические процессы, эта комбинация дает возможность анализировать</p>	 

		сельскохозяйственные угодья. Эта комбинация очень удобна для изучения растительного покрова и широко используется для анализа состояния лесных сообществ.	 
5,4,1	6,5,2	Комбинация похожа на <u>7-4-2</u> , здоровая растительность выглядит ярко зеленой, за исключением того, что эта комбинация лучше для анализа сельскохозяйственных культур.	     
7,5,4	7,6,5	Эта комбинация не включает ни одного канала из видимого диапазона, и обеспечивает оптимальный анализ состояния атмосферы. Береговые линии четко различимы. Может быть использован для анализа текстуры и влажности почв. Растительность выглядит голубой.	     

5,3,1	6,4,2	<p>Эта комбинация показывает топографические текстуры, в то время как <u>7-3-1</u> позволяет различить горные породы.</p>	     
-------	-------	---	---

Горьковское водохранилище

По литературным данным: площадь – 1590 км², объём – 8,71 км³, длина – 440 км, ширина – до 14 км [Горьковское..., 1972].

По нашим данным, на основе используемого метода определения границ зеркала вод по мультиспектральным ДЗЗ (Рисунок 57), Горьковское водохранилище имеет следующие параметры: площадь 1550,6 км²; максимальная ширина 14,0 км; длина 438,3 км – для уровня воды 83,80 м (84,00 м – НПУ). Высокий уровень соответствия проектным параметрам – 97% – 100%.

Эти данные несколько ближе к опубликованным ранее проектным параметрам [Горьковское водохранилище, 1969–1978.], чем к более поздним данным – 2009 г. [Красильников, Соболев, 2012], где была использована другая картографическая модель данных.

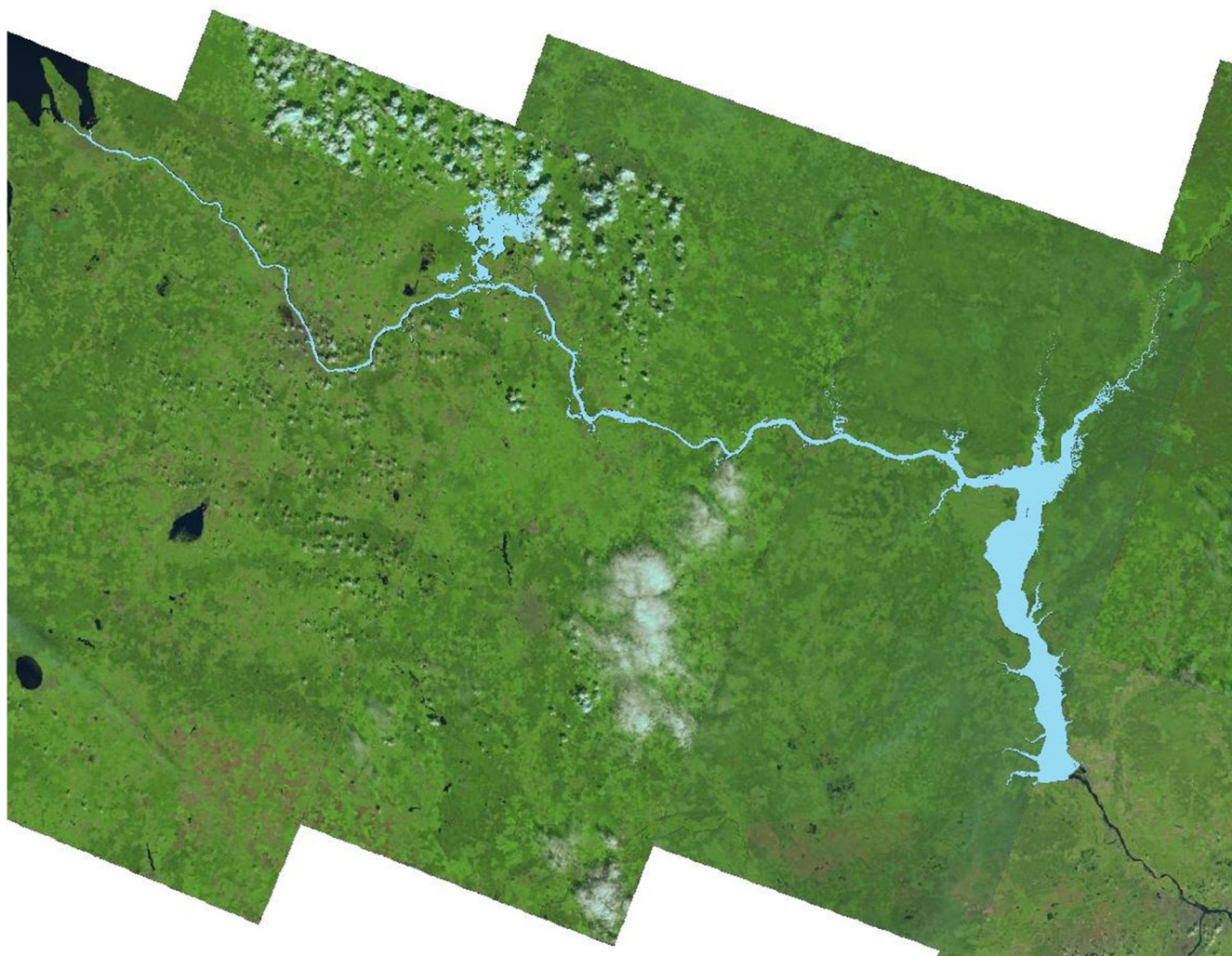


Рисунок 57 – Определение гидрографических характеристик Горьковского водохранилища в ГИС, на основе предложенного метода определения границ зеркала вод по мультиспектральным ДЗЗ.

Комбинирование каналов спутниковой съёмки, их математическая обработка, позволяют вычислять спектральные отличия разных поверхностей исследуемой территории (Рисунок 58).

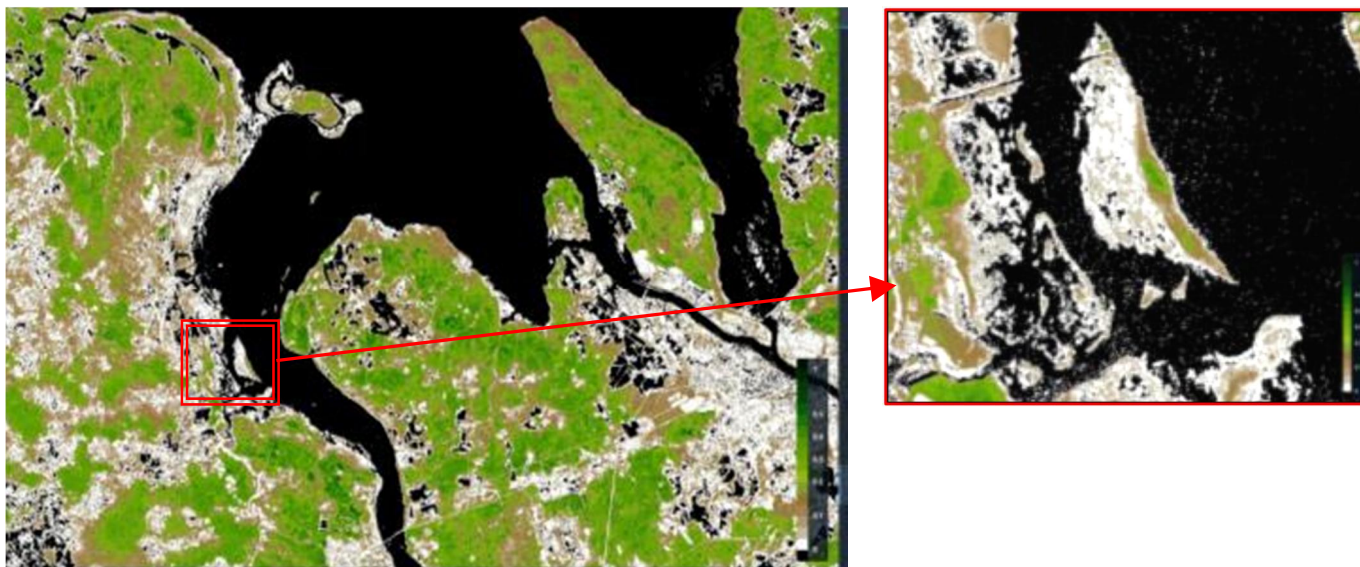


Рисунок 58 – NDVI для зимних снимков – 08.03.2018. Рыбинское водохранилище, о. Радовский. Хорошо выделяются нелистопадные леса – хвойные.

График уровня водохранилища выглядит сходно даже для удалённых гидрологических постов на его побережья – Таблица 29. Разница в показаниях не превышает 0,1м, а график хода график уровня совпадает на всех гидрологических постах.

Таблица 30. Ход уровней поста Мякса [Пост на карте; Водный объект Рыбинское водохранилище, нуль поста 95,0 м и уровень воды верхнего бьефа в срок наблюдений поста Рыбинский гидроузел [Пост на карте; Водный объект водохранилище р. Волга, нуль поста ВБ 95,0 м.

Дата	Уровень отн. нуля поста, см	Уровень в абсолютных отметках, м	Дата	Уровень отн. нуля поста, см	Уровень в абсолютных отметках, м	<i>Разница</i>
02.04.2018	473	99,73	02.04.2018	468	99,68	0,05
03.04.2018	471	99,71	03.04.2018	466	99,66	0,05
04.04.2018	470	99,70	04.04.2018	464	99,64	0,06
05.04.2018	468	99,68	05.04.2018	462	99,62	0,06
06.04.2018	466	99,66	06.04.2018	459	99,59	0,07
07.04.2018	468	99,68	07.04.2018	458	99,58	0,10
08.04.2018	466	99,66	08.04.2018	459	99,59	0,07
09.04.2018	467	99,67	09.04.2018	460	99,60	0,07
10.04.2018	469	99,69	10.04.2018	461	99,61	0,08
11.04.2018	471	99,71	11.04.2018	463	99,63	0,08
12.04.2018	479	99,79	12.04.2018	470	99,70	0,09
13.04.2018	485	99,85	13.04.2018	479	99,79	0,06
14.04.2018	492	99,92	14.04.2018	487	99,87	0,05
15.04.2018	499	99,99	15.04.2018	495	99,95	0,04
16.04.2018	504	100,04	16.04.2018	501	100,01	0,03
17.04.2018	512	100,12	17.04.2018	508	100,08	0,04
18.04.2018	519	100,19	18.04.2018	514	100,14	0,05
19.04.2018	526	100,26	19.04.2018	522	100,22	0,04
20.04.2018	537	100,37	20.04.2018	534	100,34	0,03
21.04.2018	549	100,49	21.04.2018	545	100,45	0,04
22.04.2018	554	100,54	22.04.2018	557	100,57	-0,03
23.04.2018	570	100,70	23.04.2018	571	100,71	-0,01
24.04.2018	582	100,82	24.04.2018	582	100,82	0
25.04.2018	594	100,94	25.04.2018	591	100,91	0,03
26.04.2018	601	101,01	26.04.2018	599	100,99	0,02
27.04.2018	611	101,11	27.04.2018	607	101,07	0,04
28.04.2018	617	101,17	28.04.2018	615	101,15	0,02

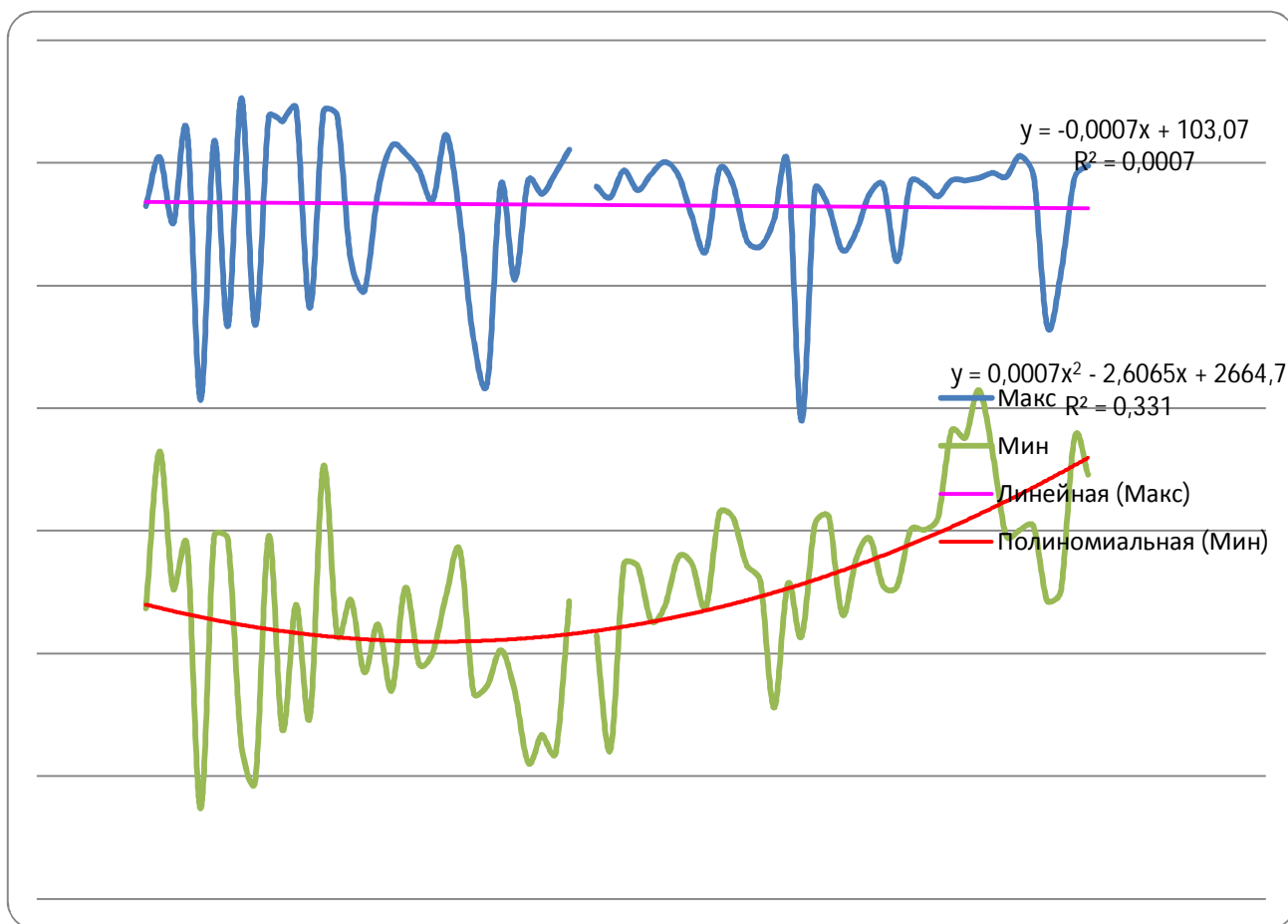


Рисунок 59 – Тенденции многолетнего хода уровня режима Рыбинского водохранилища.

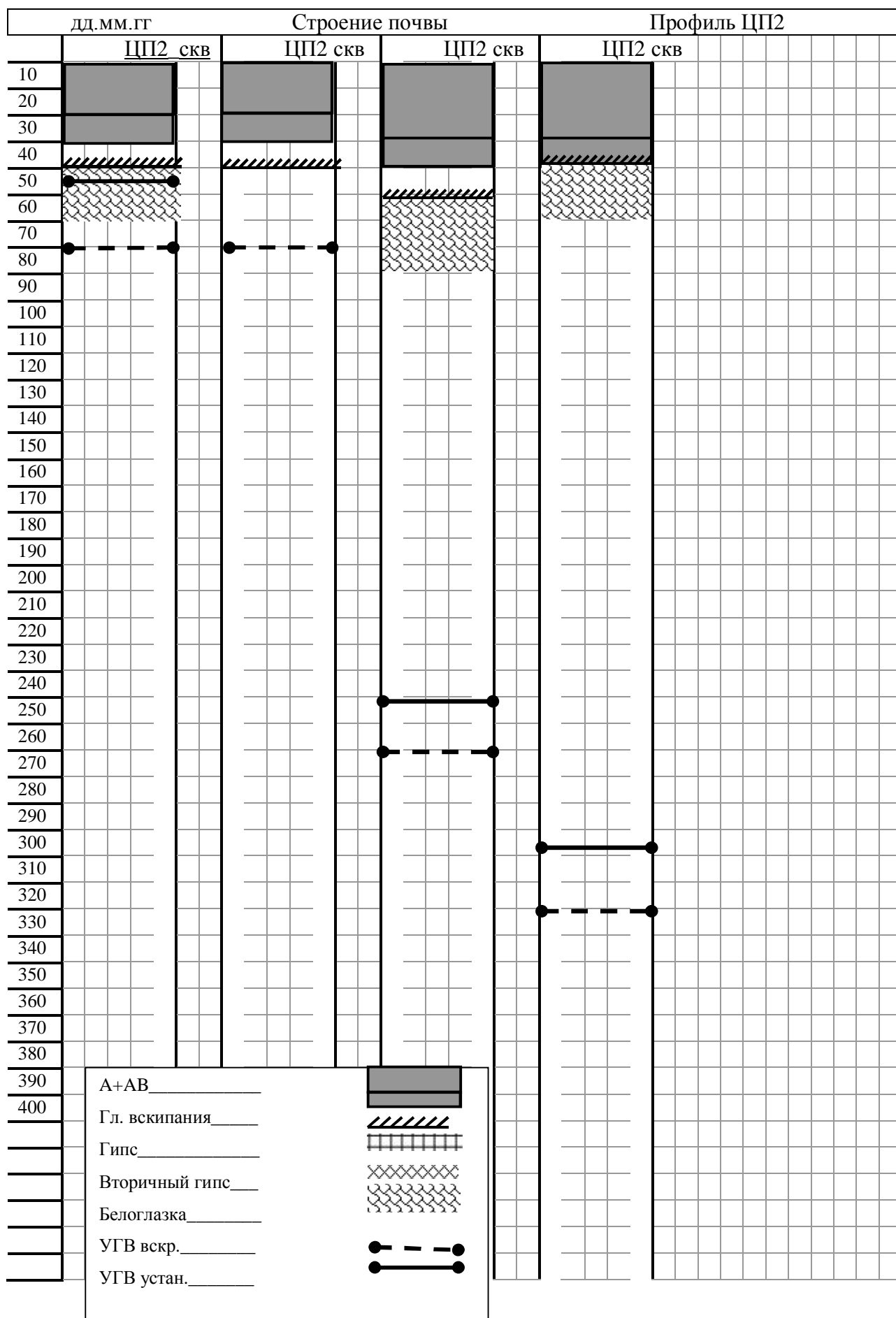
Для выделения поясов растительности на береговом склоне проводились геоботанические описания и описания почвенных кернов бурения на профиле. Пример составления геоботанических описаний, с координатной и временной привязкой в таблице – Таблица 30. На многолетних профилях описания и почвенные исследования проводились при разных уровнях стояния вод Цимлянского водохранилища.

Таблица 31. Геоботанические описания, с координатной и временной привязкой.

Профиль ЦП2_ Точка GPS _249_ Место на ЦП скв1_N 47.77177° Е 42.20612°										
Дата 26.08.2008										
Биотоп										
Фотографии										
Формация (авторское название)										
Ассоциация (авторское название)										
Общее проективное покрытие сообщества										
Укос №	S, м2		Вес сырой							
Латинское название вида	ж.ф.	высота, см	обилие по Друде	проективное	фенофаза	Жизненность (1-2)	кол-во деревьев	диаметр	высота	Антропогенное
<i>Amorpha fruticosa</i>	2					3			1,8	
<i>Bidens tripartita</i>	8	0,3	sol	1	cv,pl	3				
<i>Calistegia sepium</i>	6	1,2	sol	1	veg,pl	3				
<i>Cirsium arvense</i>	6	0,3	sol	1	veg	3				
<i>Daucus carota</i>	7	1,2	sol	1	cv,pl	3				
<i>Elytrigia repens</i>	6	0,4	cop1	60	veg,pl	3				
<i>Erigeron canadensis</i>	8	0,6	sol	1	cv,pl	3				
<i>Glycyrrhiza echinata</i>	6	0,6	cop1	40	pl	3				
<i>Inula britannica</i>	6	0,4	sol	1	cv,pl	3				
<i>Juncus jerardii</i>	6	0,3	sol	1	cv,pl	3				
<i>Plantago major</i>	6	0,02	sol	1	pl	3				
<i>Poa angustifolia</i>	6	0,3	cop1	40	pl	3				
<i>Polygonum hydropiper</i>	6	0,3	sol	1	veg	3				
<i>Populus nigra</i>	1					3			2,2	
<i>Potentilla anserina</i>	6	0,2	sol	1	veg	3				
<i>Pragmites australis</i>	6	2,5	sol	1	veg,pl	3				
<i>Salix alba</i>	1	3,5	0,1			3		45		
<i>Salix alba</i>						3			1,8	
<i>Senecio erucifolia</i>	7	0,5	spgr	5	cv,pl	3				
<i>Sonchus arvensis</i>	8	1,2	sol-sp	5	cv,pl	3				

Первичная обработка почвенных данных и описания проводится в полевых условиях, их материалы удобно сразу отображать графически – Таблица 31. Здесь использовались керны грунта, полученные бурением шурфов ручным буром.

Таблица 32. Графическое строение почвенного разреза (керн грунта) для Цимлянского профиля №2, полевые данные – горизонтальная разметка через 10см.



Цимлянские профили отображаются в виде графиков – Рисунок 60 и далее. Гидрологические характеристики заливания прибрежной зоны: L – повторяемость (регулярность), в днях. P% - обеспеченность (вероятность) уровня – продолжительность заливания, в %.

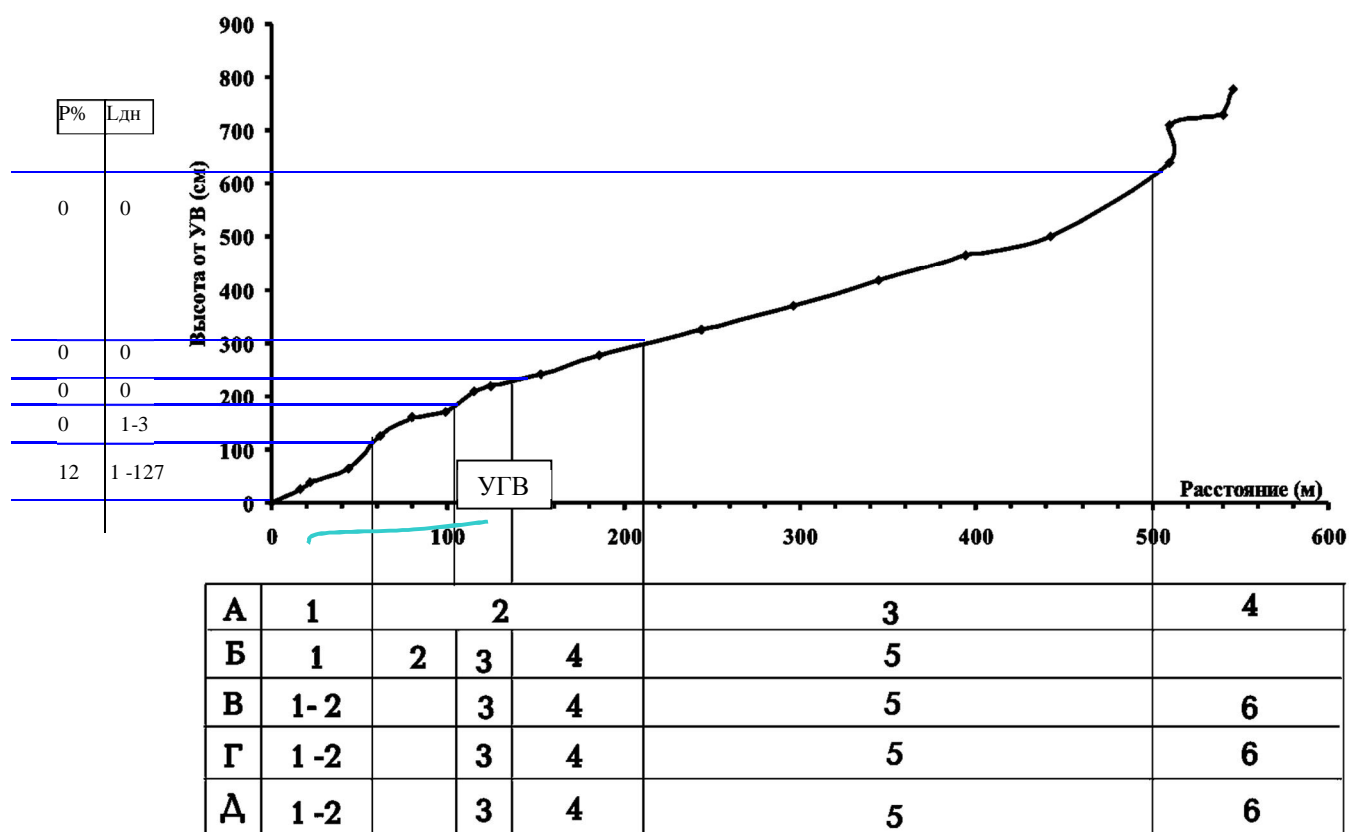


Рисунок 60 – Профиль № 1. Станица Хорошевская. (выше 35,3 м абс. БС). Топо-экологический профиль, 18.07.04.

А. Элементы рельефа: 1 – пляж водохранилища, 2 – система прирусловых валов, 3 – склон, занятый сельскохозяйственными землями, 4 – дренажные каналы.

Б. Растительность: 1 – аморфо-ясневый лес (*Fraxinus excelsior*, *Fraxinus lanceolata*, *Amorpha fruticosa*, *Bidens tripartita*, *Bromopsis inermis*, *Calystegia sepium*, *Carex acuta*), 2 – ясневый мертвopoкpовный лес, 3 – рогозовое сообщество (*Typha latifolia*), 4 – чередовo-зюзниковое сообщество (*Lycopus orientalis*, *Bidens frondosa*), 5 – пашня под культурой с дурнишником-амброзиевым разнотравьем (*Xanthium albinum*, *Ambrosia artemisiaefolia*);

В. Почвы: 1 – Лугово-каштановая карбонатная глееватая мощная среднесуглинистая на лессовидном суглинке, 2 – 3 – Темно-каштановая карбонатная мощная среднесуглинистая на

лессовидном суглинке, 4 – Темно-каштановая карбонатная среднесуглинистая на лессовидном суглинке, 6 – Темно-каштановая среднесуглинистая на лессовидном суглинке, 6 – Темно-каштановая среднесуглинистая на лессовидном суглинке;

Г. Глубина залегания грунтовых вод (см): 1 – 120 (h=65), 2 – 120(h=38), 3 – 170 (h=208), 4 – 300 (h=278), 5-6 – нет

Д. Характер переувлажнения: 1 – заливной, 2 – почвенно-грунтовый и заливной, 3 – 6 – почвенно-грунтовый.

Блоки переходной зоны (по Б): динамический (1), дистантный (2-4), маргинальный (5).

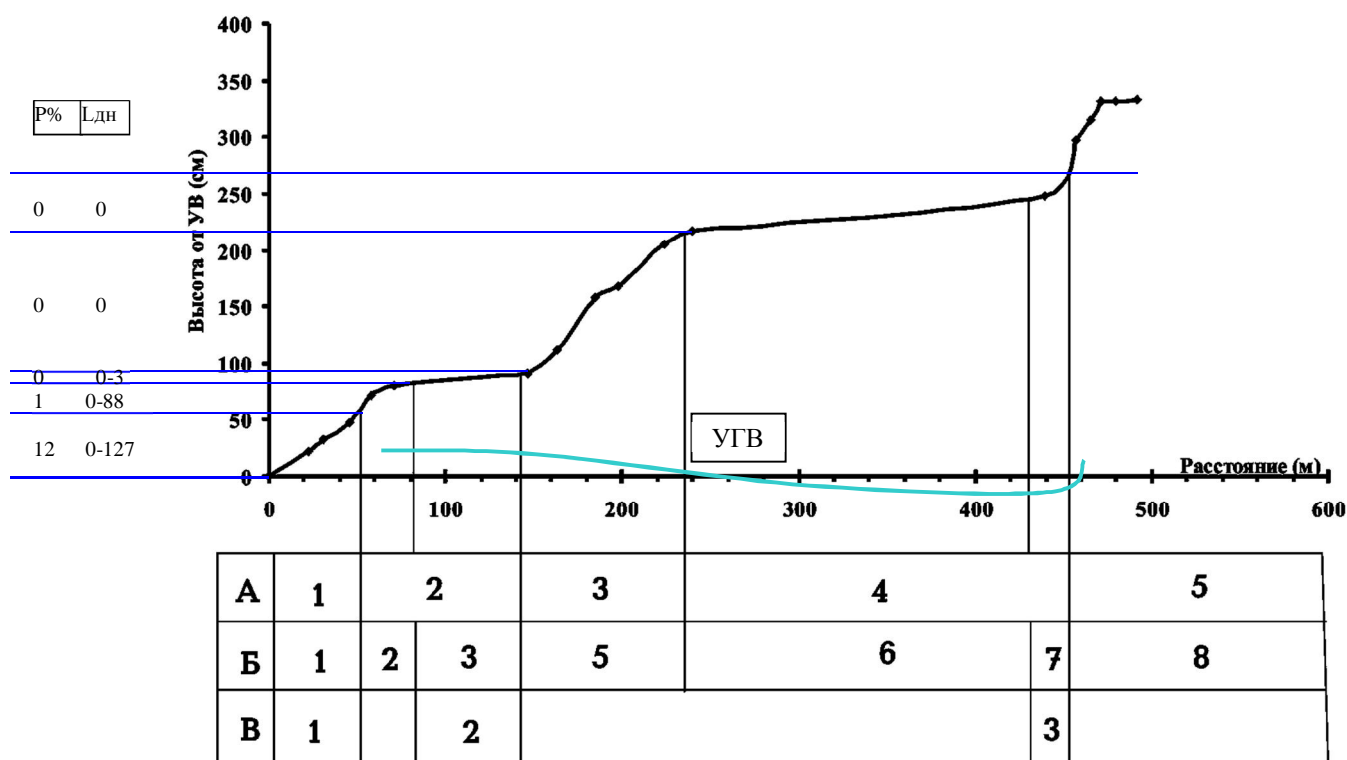


Рисунок 61 – Профиль № 2. Станица Хорошевская. (выше 35,3м абс. БС). Топо-экологический профиль, 18.07.04.

А. Элементы рельефа: 1 – пляж водохранилища, 2 – пойменная терраса, 3 – склон надпойменной террасы, 4 – надпойменная терраса, 5 – плакор.

Б. Растительность: 1 – заросли тростника *Phragmites australis*, 2 – аморфово-тростниковое сообщество с кустарниковыми ивами (*Salix viminalis*, *S. triandra*), 3 – мятликово-донниковое с чиной и люцерной (*Poa angustifolia*, *Melilotus albus*, *Lathyrus pratensis*, *Lotus corniculatus*, *Lycopus orientalis*), 5 – чиново-мятликовое, 6 – мятликово-полынное (*Artemisia absinthium*, *Poa angustifolia*, *Rumex stenophyllus*), 7 – вейниковое (*Calamagrostis epigeios*, *Cichorium intubus*, *Cirsium arvense*), 8 – пашня.

В. Почвы: 1 – Темно-каштановая среднемошная среднесмытая ,среднесуглинистая на лессовидном суглинке, 2 – Темно-каштановая среднемошная среднесмытая , среднесуглинистая на лессовидном суглинке, 3 – Темно-каштановая среднемошная среднесмытая , среднесуглинистая на лессовидном суглинке, 4 – Темно-каштановая среднемошная среднесмытая , среднесуглинистая на лессовидном суглинке.

Г. Уровень грунтовых вод: 1 – 70 (h=47), 2 – 70 (h=90), 3 – 260 (h=248), 4 – 320 (h=333);

Д. Характер переувлажнения: 1 – почвенно-грунтовое и заливное, 2 – 4 – почвенно-грунтовое, 5 – атмосферное

Блоки переходной зоны (по Б): динамический (1-2), дистантный (3-7), маргинальный (8).

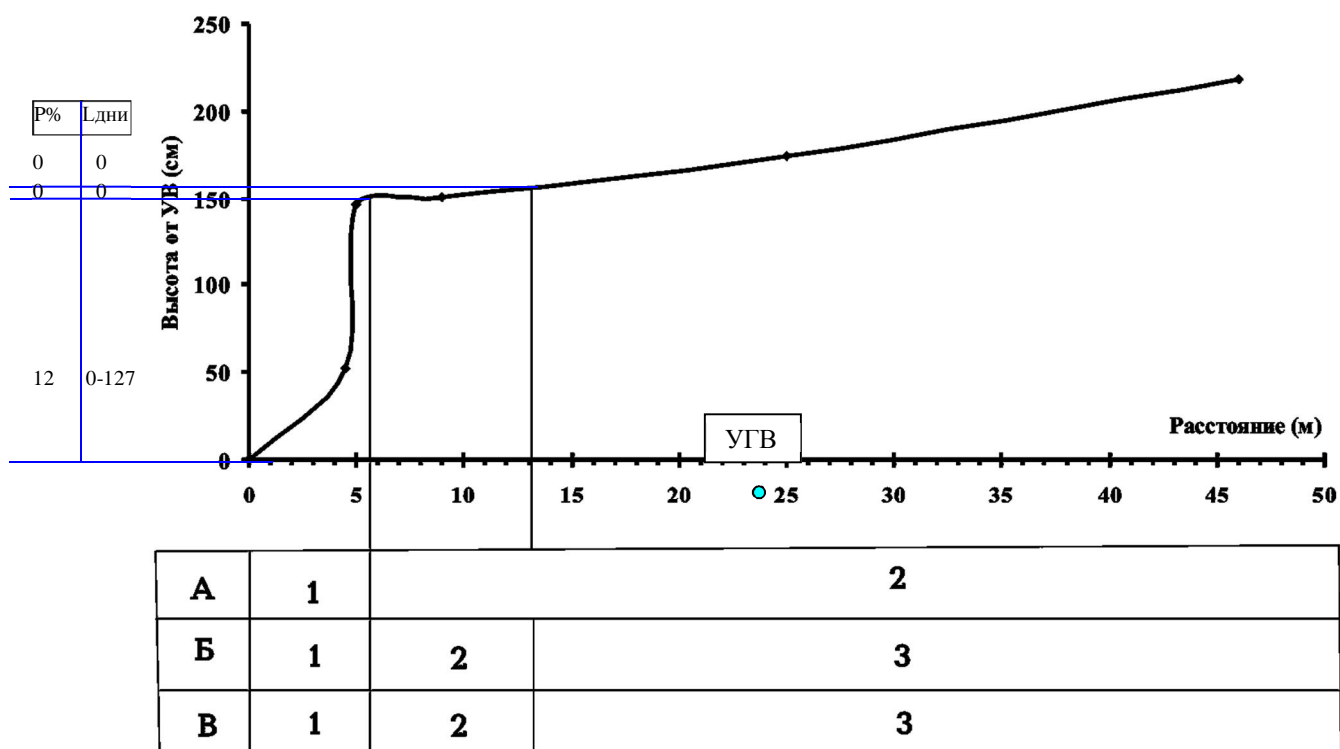


Рисунок 62 – Профиль № 3. Станица Харсеево. (выше 35,3м абс. БС). Топо-экологический профиль, 19.07.2004.

А. Элементы рельефа: 1 – береговой обрыв, 2 – плакор

Б. Растительность: 1 – намытые прибоем зеленые и сине-зеленые водоросли, 2 – сбитые придорожные сообщества горца птичьего, 3 – пырейный луг;

В. Почвы: 2 – 3 – Каштановая среднесуглинистая на лессовидном суглинке;

Г. Уровень грунтовых вод: 3 – 240 (h=218) см;

Д. Характер переувлажнения: Почвенно-грунтовый.

Блоки переходной зоны (по Б): динамический (1), дистантный (2-3).

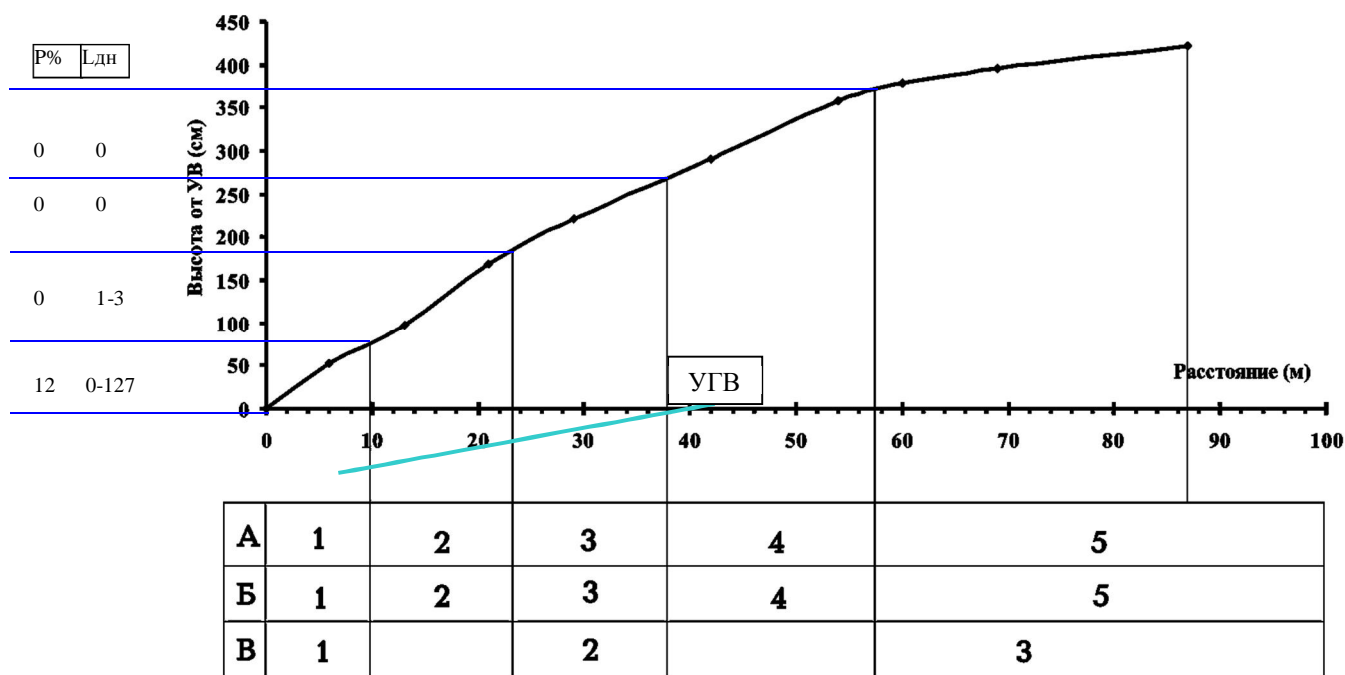


Рисунок 63 – Профиль № 4. Залив Жуковский (выше 35,3м абс. БС). Топо-экологический профиль, 20.07.04.

А. Элементы рельефа. 1 – пляж, 2 – дорога, 3 – склон берега водохранилища, 4 – сглаженный прирусловой вал, 5 – плакор;

Б. Растительность: 1 – лапчатко-мятликовое сообщество (*Poa palustris*, *Mentha arvensis*, *Plantago major*, *Potentilla reptans*), 2 – кострцово-мятликовое (*Poa angustifolia*, *Bromopsis inermis*, *Artemisia austriaca*), 3 – мятликово-пырейное (*Poa angustifolia*, *Elytrigia repens*, *Eryngium campestre*), 4 – мятликово-солодковое (*Poa angustifolia*, *Glycyrrhiza glabra*, *Inula britannica*), 5 – полынно-мятликовое (*Artemisia austriaca*, *A. santonica*);

В. Почвы: 1 – Каштановая среднемощная среднесуглинистая на лессовидном суглинке, 2 – Каштановая карбонатная среднемощная среднесуглинистая на лессовидном суглинке, 3 – Каштановая карбонатная среднемощная среднесмытая среднесуглинистая на лессовидном суглинке;

Г. Уровень грунтовых вод: 1 – 140 (h=52), 2 – 290 (h=291), 3 – нет;

Д. Характер переувлажнения: 1 – заливное, 2-4 – почвенно-грунтовое, 5 – атмосферное.

Блоки переходной зоны (по Б): динамический (1), дистантный (2-3), маргинальный (4-5).

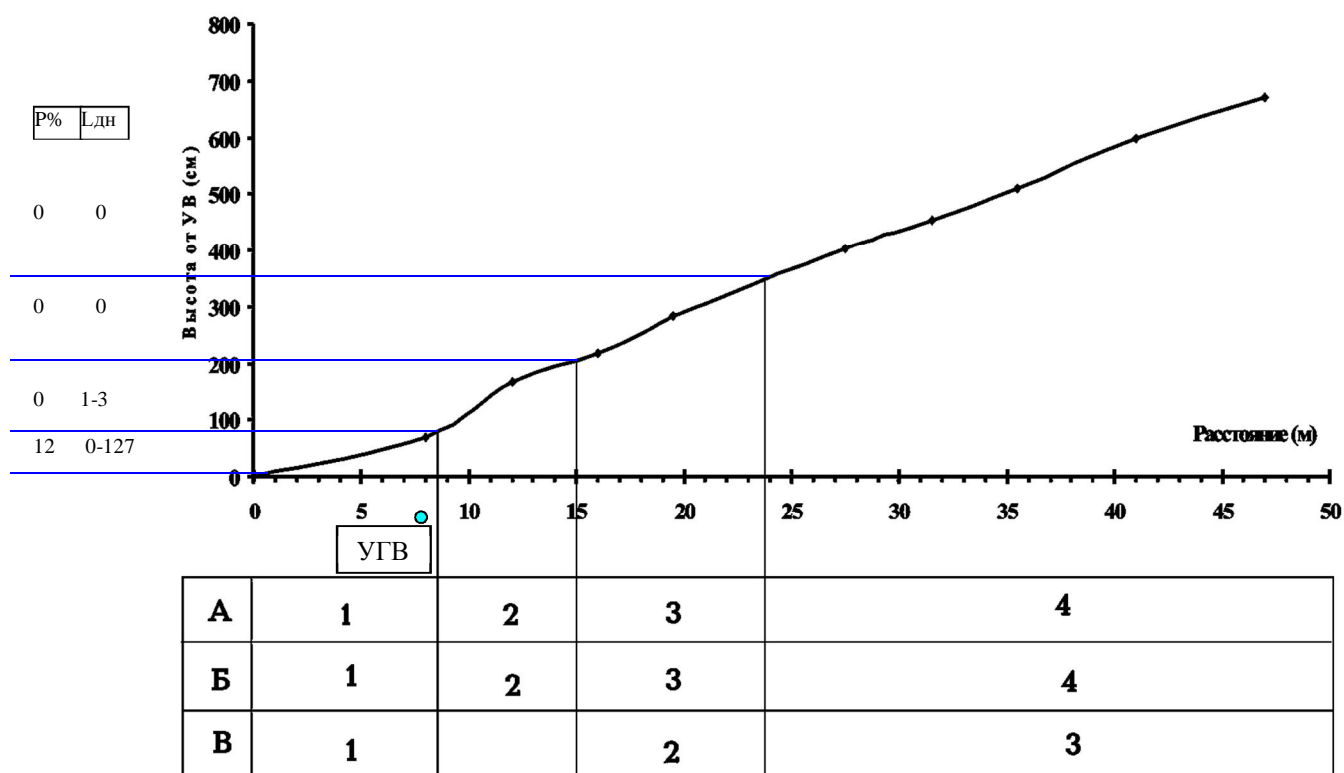


Рисунок 64 – Профиль № 5. В заливе Жуковском, вниз по течению от старой дамбы (выше 35,3м абс. БС). Топо-экологический профиль, 20.07.04.

А. Элементы рельефа: 1 – пляж, 2 – прирусловой вал, 3 – дорога, 4 – плакор.

Б. Растительность: 1 – сбитые околоводные сообщества мяты полевой и полевицы столонообразующей с тамариском (*Mentha arvensis*, *Lycopus orientalis*, *Lysimachia vulgaris*, *Agrostis stolonifera*, *Tamarix ramosissima*), 2 – полынно-ковыльное сообщество (*Stipa capillata*, *Artemisia austriaca*, *Artemisia santonica*), 3 – полынно-типчаково-ковыльное (*Festuca valesiaca*, *Serratula erucifolia*, *Silene wolgensis*), 4 – типчаково-ковыльное сообщество

В. Почвы. 1 – Каштановая неполноразвитая карбонатная глееватая среднесулинистая на желтобуром суглинке, подстилаемым зеленой глиной, 2 – Каштановая неполноразвитая карбонатная глееватая среднесулинистая на желтобуром суглинке, подстилаемым прослойками песка и зеленовато-голубой глиной, 3 – Каштановая неполноразвитая карбонатная среднесулинистая на желтобуром суглинке, подстилаемым красно-коричневой глиной;

Уровень грунтовых вод: 1 – 150 (h=68)см;

Характер переувлажнения: 1 – заливное, 2-3 – почвенно-грунтовое, 4 – атмосферное.

Блоки переходной зоны (по Б): динамический (1), дистантный (2-3), маргинальный (4).

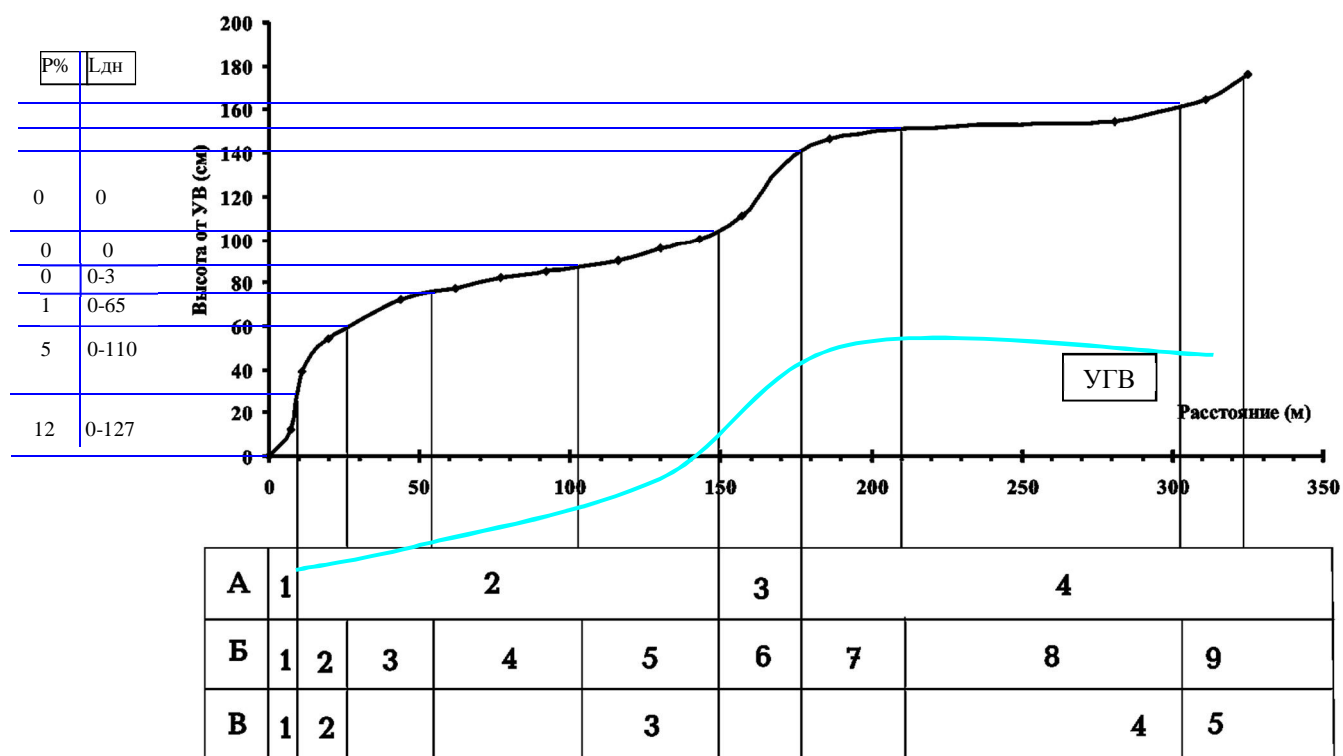


Рисунок 65 – Профиль № 6. За дачным массивом города Волгодонска (выше 35,3м абс. БС). Топо-экологический профиль, 20.07.04.

А. Элементы рельефа: 1 – пляж, зона ежедневной флуктуации уровня водохранилища, 2 – прирусловой вал, переходящий в пойменную террасу, 3 – бровка надпойменной террасы, 4 – надпойменная терраса.

Б. Растительность. 1 – тростниково-кострецовое сообщество с ветлой и осокорем (*Phragmites australis*, *Bromopsis inermis*, *Populus nigra*, *Salix alba*), 2 – клубнекамышево-пырейное (*Elytrigia repens*, *Bolboschoenus maritimus*), 3 – кострецовый луг (*Bromopsis inermis*), 4 – кострецово-зюзниковый луг с вейником (*Lycopus orientalis*, *Bromopsis inermis*, *Calamagrostis epigeios*, *Juncus gerardii*), 5 – вейниковое сообщество с осокой черноколосой (*Carex melanostachya*), 6 – вейниковое сообщество с зюзником, 7 – лесополоса (*Ulmus laevis*), 8 – зубровка-вейниковое (*Hierochloe odorata*), лесополоса (*Ulmus laevis*).

В. Почвы. 1 – Каштановая остаточно-луговая карбонатная, мощная среднесуглинистая на желто-бурой глине, 2-3 Каштановая остаточно-луговая карбонатная, намытая среднесуглинистая на желто-бурой глине, 4 – Каштановая остаточно-луговая карбонатная, среднemosная среднесуглинистая на желто-буром суглинке, 5 – Каштановая остаточно-луговая карбонатная, среднemosная среднесуглинистая на желто-буром суглинке.

Г. Характер переувлажнения: 1 – 2 –заливной, 3 – 5 – почвенно-грунтовой.

Д. Уровень грунтовых вод (см): 1 – 80 (h=12), 2 – 130 (h=72), 3 (h=90)-4 – 100 (h=154), 5 – 130 (h=.176)

Блоки переходной зоны (по Б): динамический (1-2), дистантный (3-9).

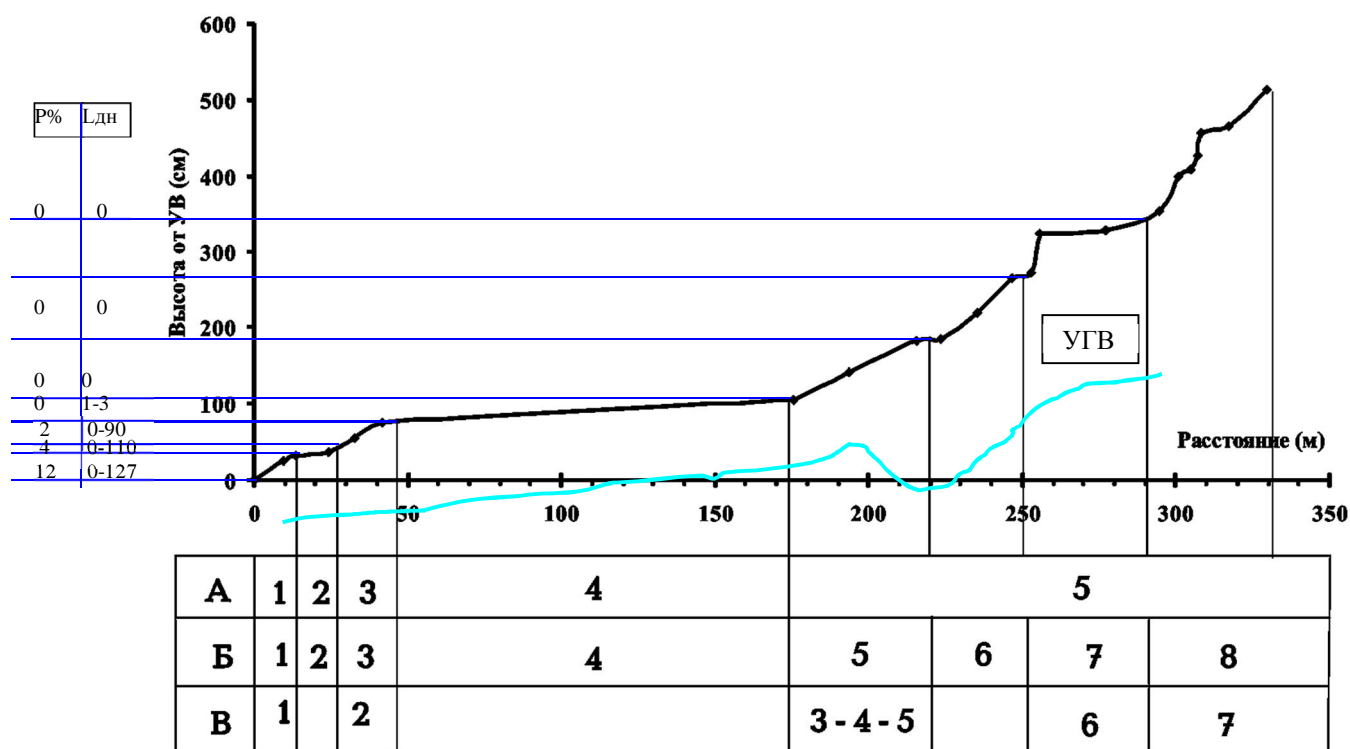


Рисунок 66 – Профиль № 7. Профиль заложен от пляжа Рыб. Базы № 5, Цимлянские пески (выше 35,3м абс. БС). Топо-экологический профиль, 22.07.04.

А. Элементы рельефа: 1 – песчаный пляж со следами выпаса, 2 – прирусловой вал, 3 – склон террасы, 4 – пойменная терраса, 5, 6, 7, 8 – полого-увалистые пески плакора

Б. Растительность: 1 – ивово-тополевый пойменный лес (*Populus nigra*, *Potentilla anserine*, *Potentilla reptans*, *Pyrus communis*, *Salix alba*), 2 – тополево-ивовый лес с осокой острой

и пыреем (*Carex acuta*, *Elytrigia repens*, *Cirsium arvense*), 3 – вейниковый с разнотравьем луг, с обильными ивой белой и тополем черным (*Calamagrostis epigeios*, *Lycopus orientalis*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Mentha arvensis*, *Potentilla reptans*, *Populus nigra*, *Salix alba*), 4 – вейниковый луг, 5 – пырейно-вейниковый луг с разнотравьем (*Calamagrostis epigeios*, *Elytrigia repens*, *Achillea millefolium*, *Cichorium intubus*, *Conyza canadensis*, *Gratiola officinalis*, *Medicago falcata*), 6 – разнотравно-мятликово-вейниковый луг (*Poa angustifolia*, *Galium verum*, *Medicago falcata*, *Melandrium album*, *Stachys recta*, *Tanacetum vulgare*, *Vicea cracca*), 7 – бассейново-пыльничковая степь (*Artemisia austriaca*, *Bassia sedoides*, *Artemisia campestris*, *Chondrilla graminea*, *Leymus racemosus*, *Limonium caspium*), 8 – злаково-пыльничная степь (*Artemisia austriaca*, *Artemisia campestris*, *Leymus racemosus*, *Achillea micrantha*, *Agropyron cristatum*, *Bassia sedoides*, *Berteroa incana*) на полого-увалистых песках с ракишником русским (*Chamaecytisus ruthenicus*)

В. Почвы. 1 – 5 – Песчаные почвы темно-серые с признаками смены ОВП, 6 – Песчаные почвы светло-серые с признаками оглеения, 7 – Слабо гумусированная неоднородная песчаная толща, 8 – Однородная серо-желто-бурая песчаная толща.

Г. Характер переувлажнения: 1 – 2 – заливной, 3 – 7 – почвенно-грунтовый; 8 – атмосферное.

Д. Уровень грунтовых вод: 1 – 90 (h=26), 2 – 110 (h=54), 3 – 90 (h=105), 4 – 100 (h=142), 5 (h=182)-6 (h=323)-210, 7 – 240 (h=327), 8 – 250 (h=354)

Блоки переходной зоны (по Б): динамический (1-3), дистантный (4-7), маргинальный (8).

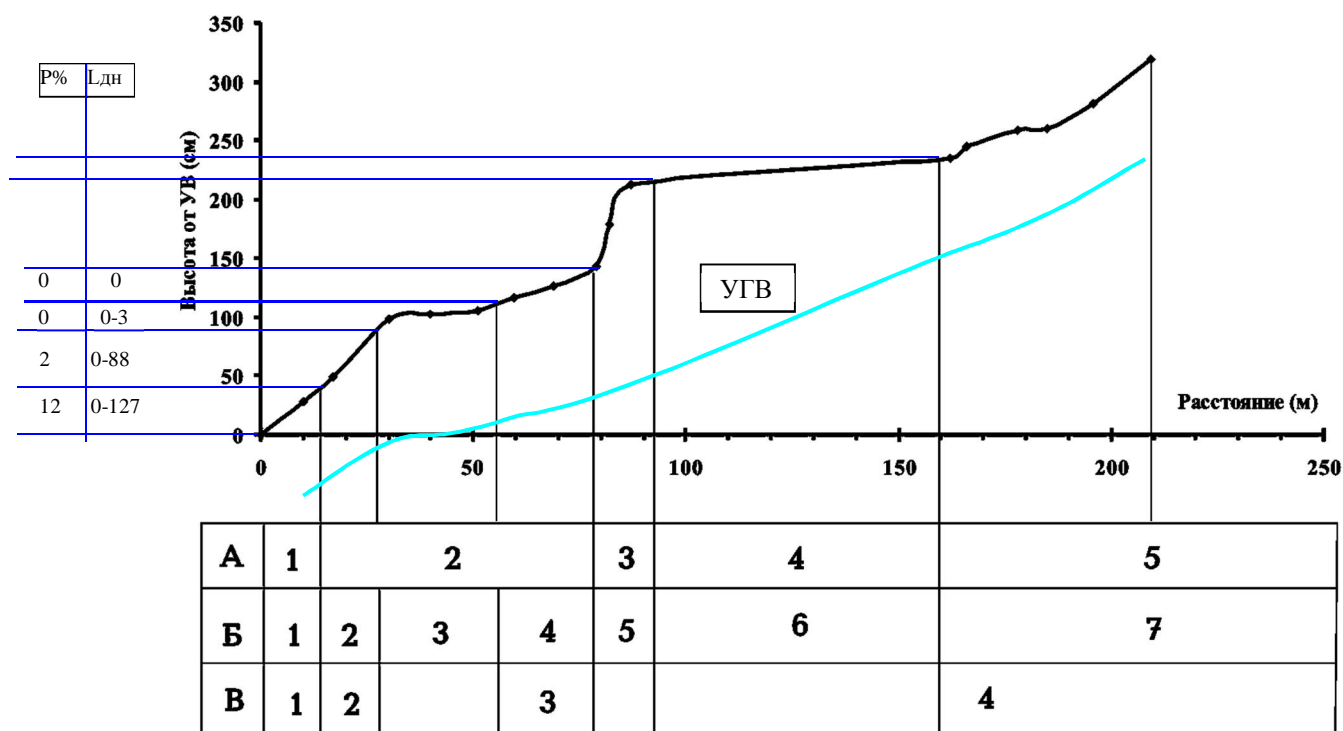


Рисунок 67 – Профиль № 8. В районе аншлага ООПТ Цимлянские пески, от уреза воды в заливе (выше 35,3м абс. БС). Топо-экологический профиль, 22.07.04.

А. Элементы рельефа: 1 – пляж, 2 – прирусловой вал, 3 – бровка надпойменной террасы, 4 – надпойменная терраса, 5 – плакор.

Б. Растительность. 1 – ветловый пойменный лес (*Salix alba*), 2 – ситняговое сообщество (*Eleocharis palustris*, *Alisma plantago-aquatica*, *Bidens tripartita*, *Butomus umbellatus*), 3 – мятликово-вейниковый луг с разнотравьем (*Calamagrostis epigeios*, *Poa angustifolia*, *Cichorium intubus*, *Coronilla varia*, *Dichostylis micheliana*, *Galium verum*, *Genista tinctoria*, *Melandrium album*, *Phleum -pratense*, *Plantago lanceolata*), 4 – мятликово-овсянищевое сообщество с разнотравьем (*Festuca beckeri*, *Poa angustifolia*, *Ajuga genevensis*, *Centaurea jacea*, *Cichorium intubus*, *Galium verum*), 5 – разнотравно-овсянищевое (*Festuca beckeri*, *Achillea micrantha*, *Allium inaequale*, *Ambrosia artemisiaefolia*, *Centaurea jacea*, *Centaureum erythraea*, *Cichorium intubus*), 6 – овсянищевое-житняковое с подмаренником русским (*Festuca valesiaca*, *Agropyron desertorum*, *Galium verum*), 7 – сочетание разнотравно-мятликового и овсянищевое-житнякового сообществ.

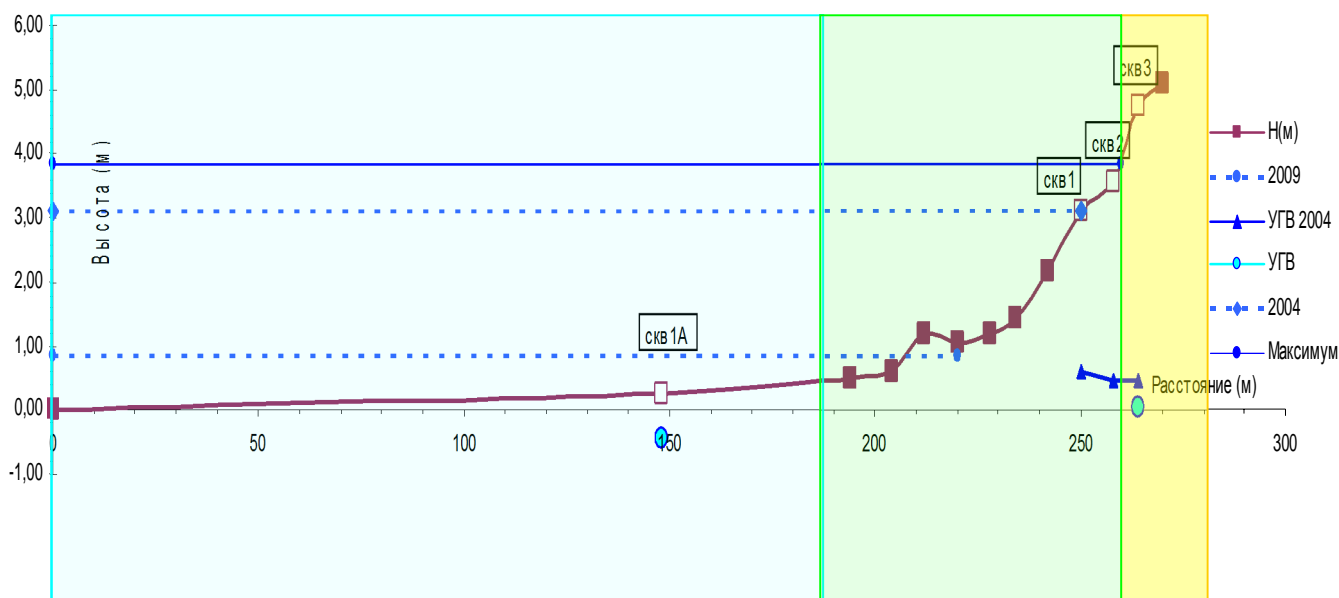
В. Почвы. 1 – Песчанистые почвы светло-серые слабопрогумусированные, 2-3 – Песчанистые почвы светло-серые слабо прогумусированные оглеенные, 4 – Песчанистые почвы темно-серые с признаками смены ОВП, 5 – Песчанистые почвы светло-серые слабо прогумусированные;

Г. Характер переувлажнения: 1 – заливной, 2 – 5 – почвенно-грунтовый;

Д. Уровень грунтовых вод: 1 – 110 (h=28), 2 (h=98)-3 (h=116) – 100, 4(h=245)-5(h=319) –

90.

Блоки переходной зоны (по Б): динамический (1-2), дистантный (3), маргинальный (4).



А	1			2	3	4	5	
Б	1	2	3	4	5	6	7	8
В	1					2	3	
Г	1			2		3		
Д	1			2		3		

А. Элементы рельефа: 1 – дно водохранилища в зоне сработки, 2 – береговой вал, 3 – пойменная терраса, 4 склон, 5 – надпойменная терраса.

Б. Растительность: 1 – без растительности, 2 – проконоз тополёвый, 3 – бурьянистые однолетники, 4 – возобновление тополя и бурьянистые однолетники, 5 – тростниково-чёрнотопольное сообщество, 6 – вейниково-чёрнотопольное сообщество, 7 – пырейно-чёрнотопольное сообщество, 8 – длиннолистномятликово-чёрнотопольное сообщество.

В. Почвы: 1 – смытые почвы, 2 – прогумуссированная песчанистая почва, 3 –

Рисунок 68 – Профиль № 12. Пос. Водяновский, в 1км на восток. (0 профиля – 32,6м абс.

БС) 16.08.2011. Топо-экологический профиль, 19.06.2006.

Таблица 33. Характеристики обилия растений фитоценоза и бальные оценки обилия в геоботанических описаниях.

№ п/п	Условное обозначение по О. Друде	Характеристика обилия	Обозначение по-русски
1.	Socials (Soc.)	Растения, смыкающиеся своими надземными частями, образуя общий фон	Фон (Ф)
2.	Copiosae (Cop.)	Растения, встречающиеся в большом количестве, но их надземные части не смыкаются	Обильно (Об.)
	Cop.3	очень обильно, но фона не даёт	Об.-3
	Cop.2	Обильно, особей данного вида много	Об.-2
	Cop.1	Обильно	Об.-1
3.	Sparsae (Sp.)	Растения встречаются изредка, рассеяно, в небольшом количестве	Изредка (Изр.)
4.	Solitariae (Sol.)	Растения встречаются редко, единично	Редко (Р)
5.	Unicum (Un.)	Вид представлен единственным экземпляром на пробной площадке	Единично (Ед.)

Оценить экологические условия местообитания удобно посредством методов биоиндикации, используемых в системе мониторинга окружающей среды. Особое биоиндикационное значение здесь имеют растения, как наиболее доступные для наблюдения организмы, достаточно чутко реагирующие на значительные изменения среды. Использование данных о растительности, как биоиндикаторе условий окружающей среды – фитоиндикация, позволяет по характеристикам фитоценозов в точке исследования, судить об экологических факторах местообитания, в том числе о гидрологическом режиме и сопутствующей трансформации среды.

Оценка абиотических факторов может быть дана путём ранжирования диапазонов толерантности к конкретным факторам видов растений, формирующих определенный фитоценоз – Таблица 33. Предложено вычисление линейной регрессии для верхнего и нижнего диапазонов значений баллов факторов относительно их диапазона (по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова). С помощью: 1) регрессионного анализа и 2) по средним арифметическим значениям. [Бузук, 2009].

Таблица 34. Расчёт экологических характеристик участков топо-экологического профиля по данным фитоиндикации – растительные доминанты. На примере цимлянского профиля №5 (CP5), с привязкой к почвенным скважинам (обозначены номерами).³

	Регрессия											Средний (Max + Min)/2 по факторам среды										
	TM	KN	OM	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH		TM	KN	OM	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH	
CP5_1	5,0	6,0	2,0	12,5	1,5	5,0	7,0	4,0	1,0	4,0		9,0	10,5	6,5	7,8	11,0	10,8	8,5	8,0	2,8	7,5	
CP5_2	6,4	7,4	4,3	11,3	1,0	5,4	1,0	6,0	1,0	6,0		9,2	10,5	6,5	7,8	8,0	10,2	4,0	9,3	2,0	7,8	
CP5_3	5,5	6,0	4,0	12,5	1,0	4,0	1,0	6,0	1,0	6,0		9,3	10,0	6,5	7,8	7,3	9,0	4,0	9,3	2,0	7,8	
CP5_4	6,5	7,0	3,0	13,0	1,0	4,0	1,0	6,0	1,0	5,0		9,8	11,0	6,3	7,8	7,3	9,0	3,5	9,3	2,5	7,0	
	17	15	15	15	23	19	11	13	9	11		17	15	15	15	23	19	11	13	9	11	
	TM	KN	OM	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH		TM	KN	OM	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH	
CP5_1	0,3	0,4	0,1	0,8	0,1	0,3	0,6	0,3	0,1	0,4		0,5	0,7	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,6	0,3	0,7	
CP5_2	0,4	0,5	0,3	0,8	0,0	0,3	0,1	0,5	0,1	0,5		0,5	0,7	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,7	0,2	0,7	
CP5_3	0,3	0,4	0,3	0,8	0,0	0,2	0,1	0,5	0,1	0,5		0,5	0,7	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,7	0,2	0,7	
CP5_4	0,4	0,5	0,2	0,9	0,0	0,2	0,1	0,5	0,1	0,5		0,6	0,7	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3	0,7	0,3	0,6	

³ Параметры среды: термоклиматическая TM, континентальности климата KN, аридности/гумидности климата OM, криоклиматическая CR, увлажнения почв HD, трофности почв TR, богатства почв азотом NT, кислотности почв RC, освещенности/затенения LC, переменности увлажнения почв FH, минимальное значений TM1, максимальное значение TM2.

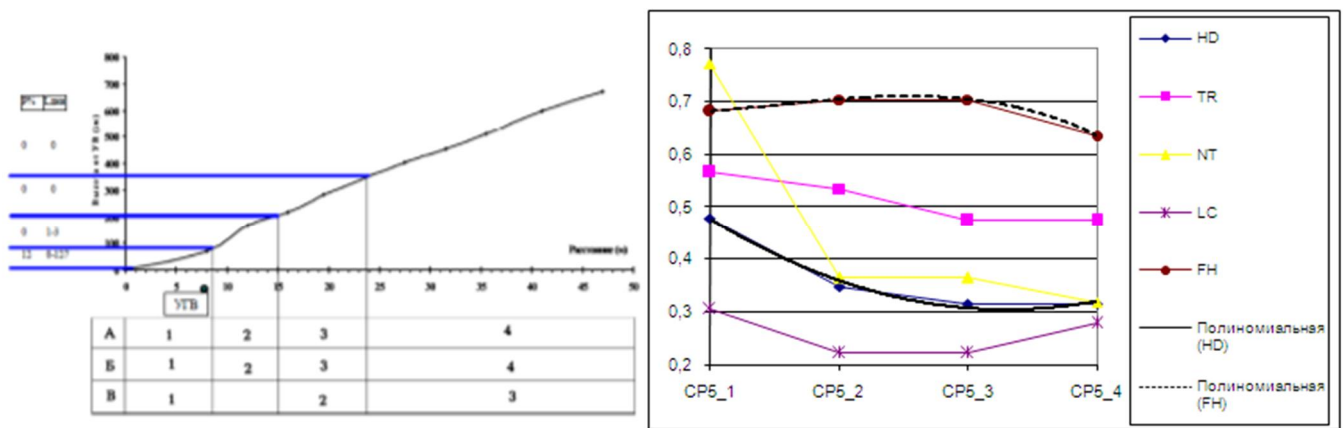


Рисунок 69 – Тенденции смены экологических характеристик (обозначения – см. Таблица 33) на равномерном профиле. На примере цимлянского профиля №5 (CP5) – слева сопоставленный профиль.

Сложный ступенчатый профиль профиля увеличивает разнообразие экологических условий на всём протяжении. На пологих участках общего склона создаются условия для задержания осадков и ведёт к формированию более гидрологически разнообразных условий формирования фитоценозов Рисунок 70. Такой склон следует рассматривать как серию склонов катены.

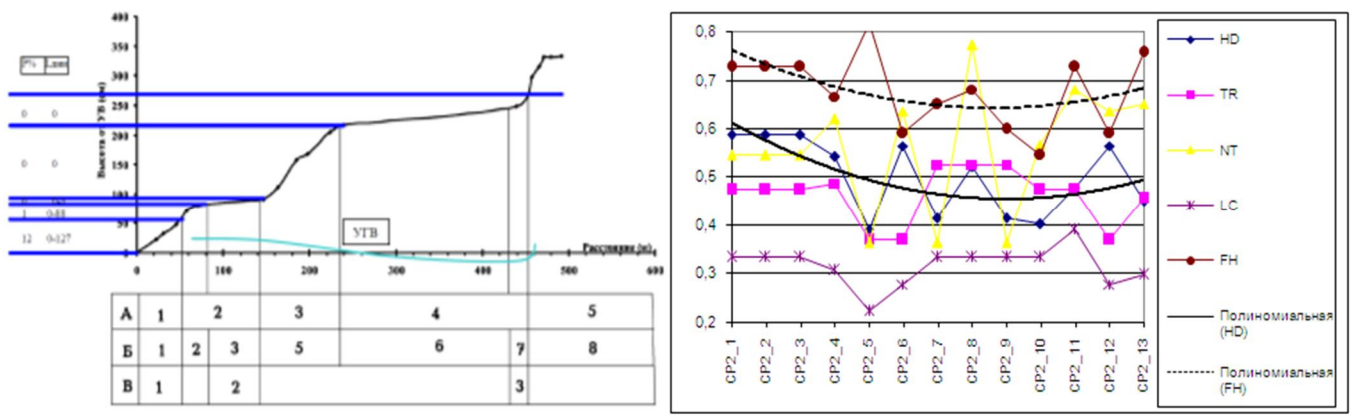


Рисунок 70 – Разнообразие условий произрастания на сложном профиле, с серией уступов. На примере цимлянского профиля №2 (CP2).

Заметный рост динамичности водного режима растений может объясняться близостью грунтовых вод, зависящих от уровня водохранилища; близостью выположенного участка (застаивание атмосферных осадков); недостаточной точностью экологических шкал, коротким рядом данных – Рисунок 71.

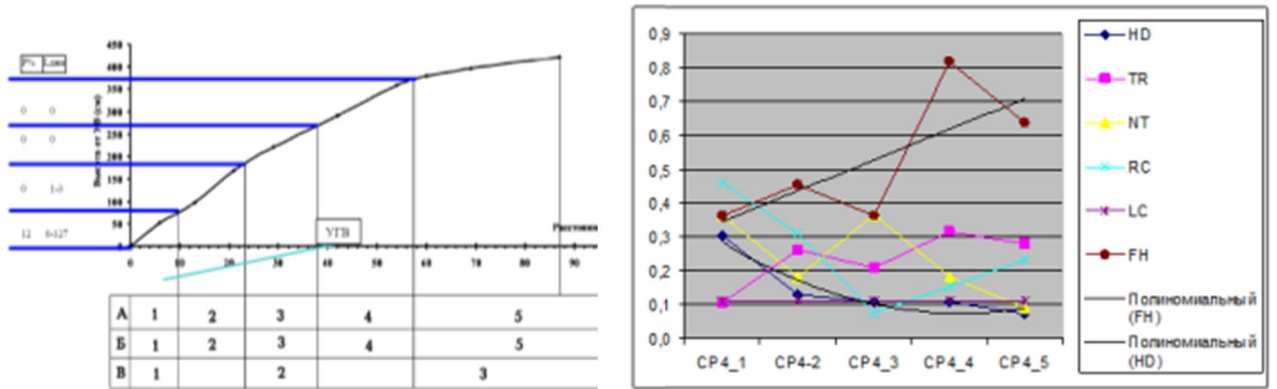


Рисунок 71 – Ход экологических характеристик для равномерного склона профиль № 4. Залив Жуковский.

Данные о связи уровня грунтовых вод (УГВ) побережья и уровня водохранилища (УВДХ).

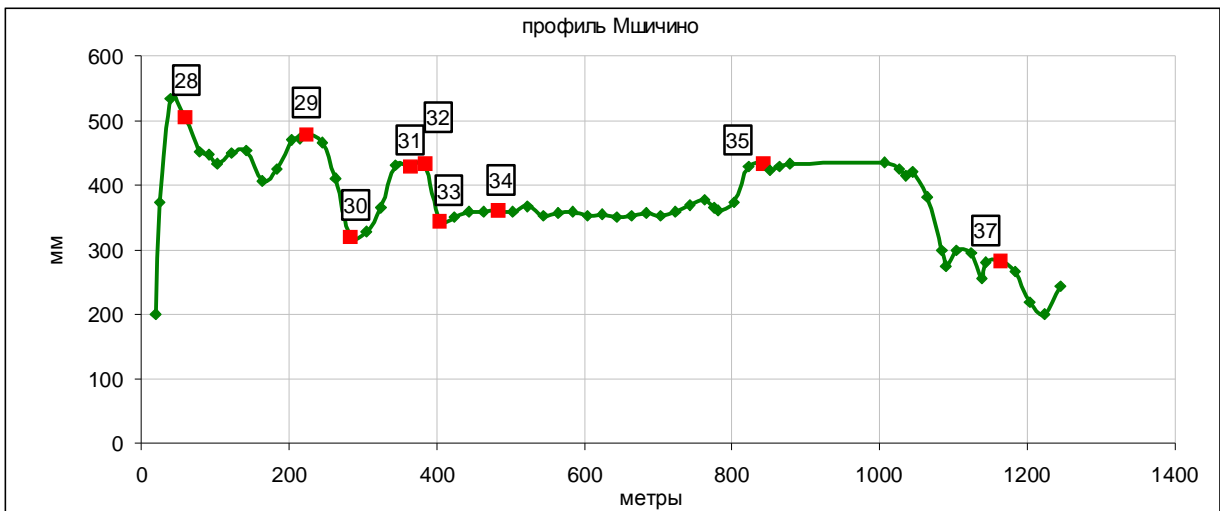


Рисунок 72 – Гидрологический профиль на Мшчино (побережье Рыбинского водохранилища Дарвинский заповедник). Номерами на профиле отмечены гидрологические колодцы, для замера уровня грунтовых вод.

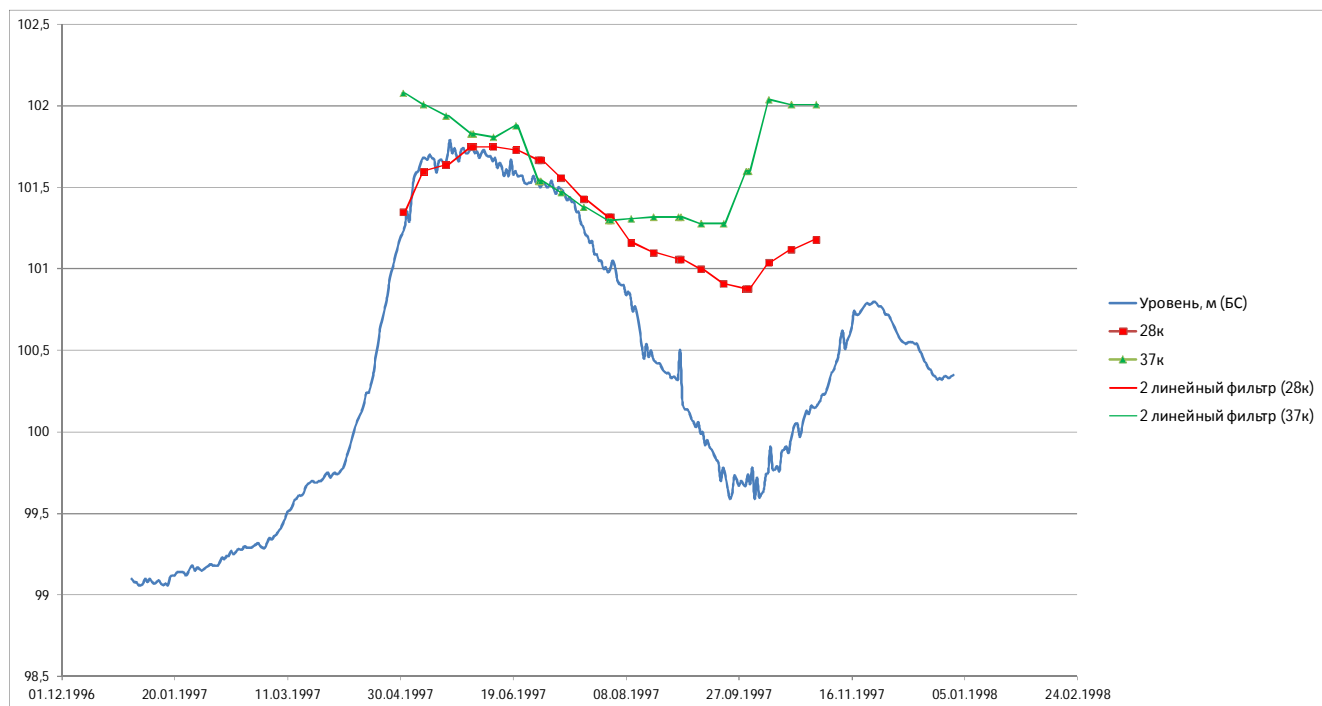


Рисунок 73 – Ход уровня водохранилища и УГВ на побережье – коренной берег (28 гидрологический колодец) и на значительном удалении от побережья – 1500 м (37 гидрологический колодец). По данным «Летописи природы», ДГПЗ, 1997 – 2004 гг.

Корректные данные о связи УГВ с УВДХ можно получить стандартными измерениями с учётом времени окончания значительных дождевых осадков. Скорость просачивания воды зависит от плотности и типа грунта (коэффициент фильтрации – Таблица 35).

Таблица 35. Значения коэффициента фильтрации рыхлых горных пород (Справочник гидрогеолога, 1962).

Порода	Коэффициент фильтрации, м/сут	Порода	Коэффициент фильтрации, м/сут
Глина	0,001	Песок мелкозернистый	1 – 5
Суглинок легкий	0,05 – 0,10	Песок крупнозернистый	20 – 50
Супесь	0,10 – 0,50	Гравий	20 – 150
Лёсс	0,25 – 0,50	Галечник	100 – 500

Таблица 36. Древесные растения стойкие к затоплению (по Колесникову [Колесников, 1974]).

Группа	Названия	Допустимая продолжительность затопления в днях
1	Ива ломкая, ива трехтычиночная, ива пятитычиночная, ива желтая, верба	до 80 и более
2	Ива белая, ольха черная, лапина	~ 60-и
3	Тополь черный (осокорь), тополь белый, черемуха обыкновенная	~ 40-а
4	Вяз гладкий, осина	~ 30-и
5	Аморфа обыкновенная, Дуб болотный, дуб черешчатый, ясень пенсильванский	~ 20-и
6	Ель обыкновенная, клен остролистный, липа мелколистная, ясень обыкновенный	~ 15-и