



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Гидрологический факультет.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему
**Цимлянское водохранилище
проблемы эвтрофирования и
токсичности сине-зеленых
водорослей.**

Исполнитель _____
Марченко Алексей Викторович.
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____
Д.Г.Н., профессор.,
(ученая степень, ученое звание)

Андреев Сергей Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Декан факультета

_____ 
(подпись)

К.Г.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сакович Владимир Михайлович.
(фамилия, имя, отчество)

«10» 06 2016 г.

Санкт-Петербург
2016

Содержание

Введение	3
Глава 1 Цимлянское водохранилище	5
1.1 Судовый ход	11
1.2 Рыбное хозяйство	14
1.3 Инженерно-геологические условия створа.	20
1.4 Гидроэлектростанция	28
1.6 Судходные сооружения Цимлянского гидроузла	32
Глава 2. Загрязнение Цимлянского водохранилища	37
Глава 3. Современные экологические проблемы цимлянского водохранилища, проявляющиеся в эвтрофировании и токсичность сине-зелёных водорослей	43
3.1 Загрязненность воды Цимлянского водохранилища	43
Заключение	54
Список литературы	56

Введение.

В настоящее время очень остро стоит проблема экологически устойчивого обеспечения населения пресной водой. В некоторых регионах разрыв между быстро увеличивающимся спросом на чистую пресную воду и возможностями его удовлетворения становится лимитирующим фактором развития производительных сил и в тоже время мощным фактором воздействия на окружающую природную среду. На современном этапе в ряде случаев количественная сторона водообеспечения регионов решена путем гидротехнического строительства и зарегулирования стока рек с аккумуляцией воды в водохранилищах. Зарегулирование русел рек внесло изменения в качество речных вод.

Качество воды в водохранилищах формируется под влиянием природных и хозяйственных условий формирования стока на водосборе, антропогенной нагрузки на водоем и процессами, происходящими в самом водоеме. В зависимости от воздействия этих факторов, а также географической принадлежности водохранилища к природному поясу, формирование качества вод будет различным. Вместе с тем зарегулирование русел рек, независимо от региона, в силу изменения гидродинамического режима водного потока и затопления дополнительных площадей, приводит к накоплению биогенных элементов и, как следствие, фактору избыточного «цветения». Оно происходит в связи с массовым размножением свободноплавающих в воде сине-зеленых водорослей. В местах скопления и гибели водорослей идет интенсивное поглощение кислорода, сопровождающее процессы разложения органической массы, имеет место ухудшение всех санитарно-гигиенических показателей. Дефицит кислорода проявляется на фоне значительного обогащения воды аммиачной компонентой, что вновь благоприятствует развитию «цветения». Массовое развитие и разложение водорослей нарушает режим водоснабжения населенных мест, особенно сельских, приводит к заморам рыб, гибели моллюсков, ихтиофауны, делает непригодным использование воды в рекреационных целях.

Цимлянское водохранилище, комплекс гидротехнических сооружений и каналов имеют важное народно-хозяйственное значение. Важнейшее из них состоит в обеспечении населения качественной питьевой водой. Поэтому изучение взаимодействия

компонентов этой сложной системы в условиях возрастающей техногенной нагрузки, имеющее целью снижение негативных последствий избыточного развития фитопланктона, способствует обеспечению устойчивого ее функционирования и определяет тем самым актуальность исследования.

Целью работы является изучение современного состояния Цимлянского водохранилища и оценка влияния «цветения» Цимлянского водохранилища, представляющего опасность из-за интенсивного развития сине-зеленых водорослей, на обеспечение населения качественной питьевой водой

В задачи работы входят:

- анализ современного состояния Цимлянского водохранилища;
- сбор данных по материалам исследования Южного отдела ИВП РАН, ФГБУ ГХИ и; АзНИИРХ;
- оценка загрязненности воды Цимлянского водохранилища;
- разработка предложений по природоохранной деятельности с целью улучшения качества вод питьевого назначения.

Глава 1 Цимлянское водохранилище

Цимлянское водохранилище на Дону — одно из самых южных в России.

Оно получило свое название от казачьей станицы Цимлянской, расположенной на его берегу. В длину степное Цимлянское море протянулось почти на 300 километров, а в ширину местами достигает 38 километров. В отдельных местах глубина моря 25 метров — это почти столько же, сколько в природном Азовском море. С апреля до декабря по нему ходят суда, но осенью речникам досаждают штормы, от которых они спасаются в специально устроенных укрытиях (их на море около десяти). Водохранилище вмещает 12,6 миллиарда кубометров воды, которая работает в турбинах гидроэлектростанции и питает Волго-Донской канал. Плотина, перегородившая Дон, защитила низовья реки от весенних половодий. Бывали годы, когда Дон увеличивался в размерах в несколько десятков раз, затапливая на многие километры близлежащие поля и населенные пункты. Вода Цимлянского моря напоила окрестные степи, и теперь этот край по праву считается житницей Юга России.

Цимлянское водохранилище имеет различную ширину и глубину, поэтому его делят на четыре плеса:

– приплотинный – от плотины до станицы Кривской в Ростовской области; длина его 44 км, максимальная ширина 38 км, средняя глубина 9,7 м, наибольшая – 35 м; этот участок имеет озерный режим, проточность его мала, скорость течения 0,1-0,2 м/сек;

– потемкинский – от станицы Кривской до станицы Суворовской в Волгоградской области; длина этого плеса 68 км при средней ширине 8,5 км и максимальной – 22 км;

средняя глубина 9,7 м, наибольшая – 15-20 м; 60% площади занимают глубины до 10 м; этот участок также характеризуется небольшой проточностью и имеет скорость течения всего 0,2-0,3 м/сек;

– Чирской – от Суворовской до ст. Ложки; для этого плеса характерна большая изрезанность берегов; средняя глубина – до 10 м; ширина плеса до 22 км, протяженность его больше предыдущих;

– верхний – от ст. Ложки и выше; это самый длинный плес – протяженность его от 60 до 100 км; по режиму напоминает реку; здесь в течение года изменчивы и глубины и площадь; глубины – менее 10 м; весной проточность возрастает, а скорость течения увеличивается до 0,5 м/сек.

Наполнение Цимлянского водохранилища происходит в основном за счет стока талых вод весеннего половодья с территории бассейна, расположенного выше г. Калач, а также за счет приточности по рекам: Карповка, Донская Царица, Мышковка, Чир, Аксай Есауловский, Аксай Курмоярский и Цимла. Суммарный среднегодовой сток боковых притоков водохранилища (составляет 1,1 куб. км) не превышает 5% от общего притока и снижается в маловодные годы до 0,2 куб. км. Внутригодовое распределение стока характеризуется крайней неравномерностью. Доля стока весеннего половодья (3-5 месяцев) – составляет от 70 до 90%, сток летне-осенней и зимней межени колеблется от 10 до 30%.

Период летне-осенней и зимней межени отличается более или менее равномерной водностью: доля летне-осенней межени составляет порядка 13% от годового стока.

Одна из ключевых проблем водохранилища — законодательная, т.к. ресурсами Цимлянского водохранилища пользуются сразу несколько десятков предприятий и учреждений различной формы собственности. Согласно Водному кодексу Российской Федерации и нормативно-правовым актам Правительства Российской Федерации, осуществление мер по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий и по охране водных объектов в отношении Цимлянского водохранилища относится к полномочиям федеральных органов. В докладе главы комитета по охране окружающей среды г. Скрипки отмечается, что со стороны Волгоградской области водохранилище загрязняется интенсивнее, чем со стороны Ростовской. Основную опасность представляют предприятия ЖКХ, чьи разрушенные системы очистки сточных вод давно не отвечают требованиям стандарта. Немалый вред экологии водоема и его биоресурсам наносит судоходство. Из-за неконтролируемого загрязнения Цимлянское водохранилище страдает от распространения сине-зеленых водорослей, а его дно все более заиливается.

В 2009 году, когда цветение сине-зеленых водорослей поставило под угрозу водоснабжение Волгодонска, власти региона приняли срочное решение — использовать в борьбе с водорослями штамм хлореллы. Изучив положительный опыт Пензенского водохранилища, администрация области из резервного фонда выделила 4 млн рублей для проведения экспериментальных работ по вселению штамма. Однако Роспотребнадзор запретил использовать хлореллу, сославшись на то, что водоем является источником питьевой воды.

Между тем, берега водохранилища стремительно разрушаются. После запуска Цимлянского гидроузла был существенно изменен природный алгоритм сезонного подтопления низовий Дона, что в конечном итоге губительно сказалось на его рыбных ресурсах и состоянии берегов. Проведенные специалистами исследования показали, что 41% берегов низовья Дона подвержен активной эрозии. «Наибольшей русловой эрозии подвержен участок от Цимлянского водохранилища до г. Семикаракорска. Часть проблем берегоразрушения р. Дон удастся решать в рамках областной долгосрочной целевой программы по охране окружающей среды и рациональному природопользованию в Ростовской области. Так, в предыдущие годы производилась расчистка локальных участков р. Дон (преимущественно его протоков и рукавов), осуществлялись и планируются в дальнейшем мероприятия по проведению берегоукрепительных работ в ст. Романовской Волгодонского района, х. Пухляковский Усть-Донецкого района, г. Семикаракорске, ст. Мариинской Константиновского района, начаты работы по установлению границ водоохранных зон. Однако этого, безусловно, недостаточно. Необходимо активизировать работу на уровне органов местного самоуправления и областных органов по снижению негативного техногенного воздействия на р. Дон и Цимлянское водохранилище и, прежде всего, сосредоточить усилия на реконструкции и строительстве очистных сооружений хозяйственно-бытовой и ливневой канализации». в настоящий момент Комитет по охране окружающей среды разрабатывает концепцию федеральной целевой программы «Экологическая реабилитация Цимлянского водохранилища».



Рис. 1 Карта Цимлянского водохранилища

Подпор от Цимлянской плотины распространяется вверх по течению на 360 км, примерно до устья р. Иловли. По своим размерам Цимлянское водохранилище относится к числу крупнейших искусственных водоемов Союза ССР, несколько уступая по ширине разлива лишь Рыбинскому водохранилищу. Полный объем водохранилища равен 23,85 км³, из которых 11,5 км³ составляют полезный объем; площадь зеркала 2 700 км². Наибольшая ширина водохранилища 38 км, наибольшая глубина 30 м. Максимальная сработка водохранилища составляет 5,0 м.

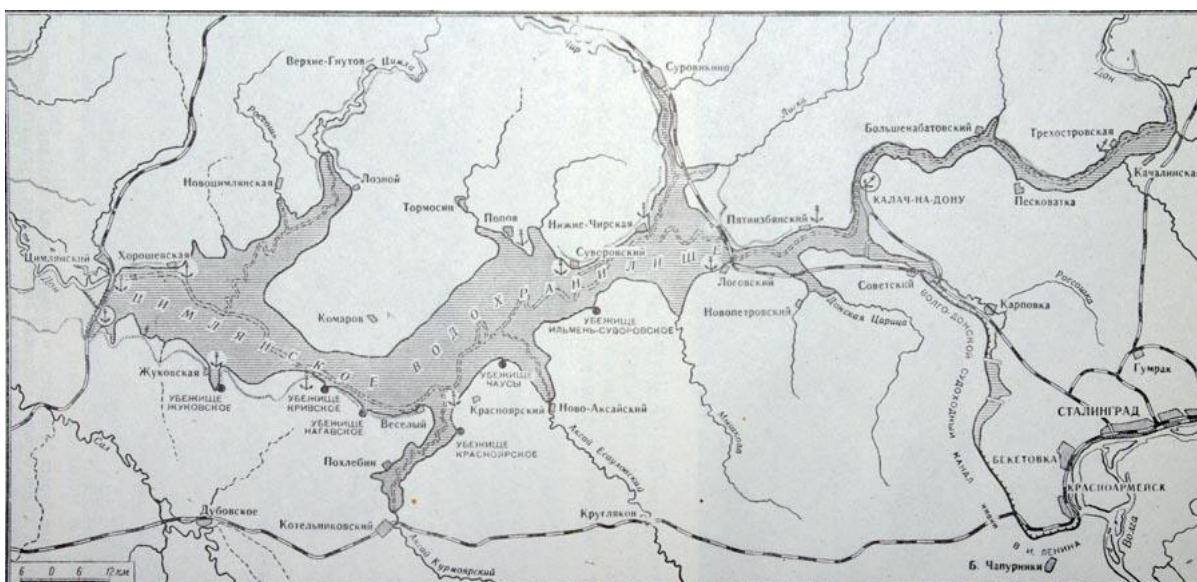


Рис. 2 Схематический план Цимлянского водохранилища



Рис. 3 Цимлянское водохранилище

В пределах подпора борта водохранилища сложены главным образом слабОВО-проницаемыми коренными и четвертичными породами. Коренные отложения состоят, в основном, из песчано-глинистых разностей. Четвертичные отложения представлены песчано-глинистой толщей пород аллювиального и озерно-аллювиального происхождения и достигают наибольшего развития на левобережье. В коренных породах водоносными являются песчаные толщи, подстилаемые водоупорными породами. В четвертичных отложениях имелся, в основном, единый водоносный горизонт аллювиальных отложений с зеркалом грунтовых вод, поднимающимся в сторону водоразделов до отметок, превышающих НППГ.

Поэтому водоудерживающая способность водохранилища не вызывала никаких опасений, а потери на фильтрацию в борта и дно водохранилища в период его заполнения не превышали обычных временных и естественных потерь, необходимых для насыщения сухих грунтов водой.

Зона подтопления наиболее развита на левом берегу Дона. Переформирование берегов водохранилища наблюдается как в зоне высоких склонов правобережья, так и в зоне пологих склонов левого берега и частично правого.

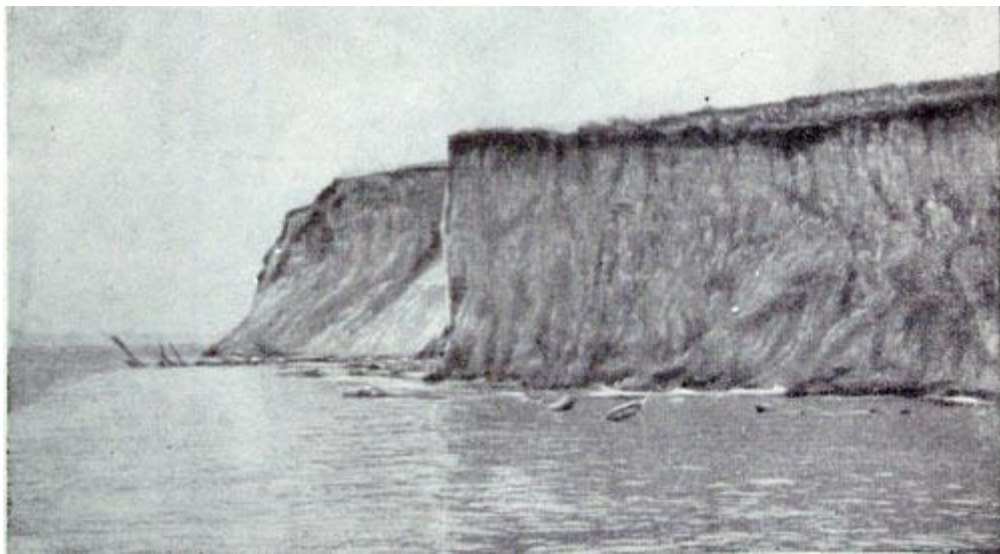


Рис. 4 Переформирование берега Цимлянского водохранилища в районе убежища Кривского (апрель 1953 г.) На переднем плане виден обрыв, сложенный лессовидными суглинками; за ним откос из тех же суглинков, подстилаемых песками.



Рис. 5 Переформирование берега Цимлянского водохранилища в районе х. Веселого (сентябрь 1953 г.)

Водохранилище расположено в пределах Волгоградской и Ростовской областей.

Под водохранилище занята территория 263,6 тыс. га, в том числе: усадьбы и огороды 9,6 тыс. га; сады и виноградники 0,7 тыс. га; пашня 35,7 тыс. га; сенокос 71,1 тыс. га; выгон 78,2 тыс. га; лес и кустарники 30,1 тыс. га.

В зону водохранилища попали 164 сельских населенных пункта и частично г. Калач. Общее количество переселенных дворов 13 716, мелких промышленных объектов 507 с количеством строений 1 644.

В зону затопления попали участки железнодорожной линии Волгоград — Лихая на перегоне разъездов Дмитриевка — Кумовка и в местах пересечения линией подпираемых притоков Дона — рек Лиски и Донской Царицы. В связи с этим были произведены работы по переносу или укреплению насыпей дороги, а также построен новый Чирский мост через р. Дон. На новые места перенесен ряд участков автогужевых дорог и воздушных линий связи.

Защитные мероприятия в виде обвалования и сети осушительных каналов осуществлены в г. Калаче на Дону и в хуторе Сталиндорф Калачевского района.

1.1 Судовой ход

По водохранилищу проходит судовой ход от устья Волго-Донского канала у г. Калача до Цимлянского гидроузла протяженностью 186 км.

Условия плавания на отдельных участках водохранилища различны: на верхнем участке протяжением около 40 км, от Карповского гидроузла до долины р. Чир, ширина и глубина водохранилища незначительны. При сработке водохранилища пойма обсыхает, обнажая русло Дона. Судовой ход проходит здесь по руслу реки; последнее прижато к правому крутому берегу и достаточно удобно для плавания. Ниже, на протяжении около 25 км, трасса идет частично по руслу Дона и частично в прорезях, спрямляющих излучины реки.

Далее небольшой участок трассы проложен по пониженной части поймы с незначительными подчистками по ней. Наконец, ниже, вплоть до самой Цимлянской плотины, трасса проходит по водохранилищу и никаких земляных работ здесь не по-

требовалось. Образована она прямолинейными участками наибольшей возможной длины, с плавными переходами от одного участка к другому. В результате создания водохранилища длина транзитного судового хода по Дону на участке от г. Калача до створа Цимлянского гидроузла сокращена на 62 км по сравнению с бытовыми условиями.

В водохранилище возможно образование волн высотой до 3,0 м, при которых судходство и в особенности буксировка плотов недопустимы. Поэтому наряду с организацией службы штормопредупреждений устроены убежища, в которых суда могут укрыться во время штормовой погоды. Расстояние между убежищами принять около 40 км, исходя из шестичасовой заблаговременности штормопредупреждения и полагая, что суда, получив предупреждение о шторме, доходят до первого убежища, лежащего впереди, а караваны направляются в ближайшее убежище.

Всего устроено пять основных убежищ и три дополнительных, использование которых необходимо лишь при некоторых направлениях ветра. В убежищах предусмотрены причальные бочки для судов и бревенчатые боны для зачаливания плотов.

По водохранилищу устроено семь пристаней у следующих населенных пунктов: хутор Пятиизбянский, станица Нижне-Чирская, хутор Суворовский, хутор Попов, хутор Красноярский, хутор Кривской и станица Жуковская. Пристани предназначены для обслуживания пассажирских и грузовых перевозок. В качестве причалов на пристанях применены железобетонные дебаркадеры. На берегу построены необходимые служебные и жилые здания.

Порт в Калаче-на-Дону. Основное назначение порта в Калаче — перевалка грузов с судов Верхнего Дона на суда Волго-Донского водного пути и в обратном направлении. В соответствии с принятым грузооборотом и пассажирооборотом в порту построены грузовые причалы общей протяженностью 249 м и один пассажирский длиной 100 м. Кроме того, для переработки зерна и нефтегрузов реконструированы (для условий водохранилища) существующие причалы.

Набережная грузовой части порта выполнена в виде стенки из металлического шпунта с анкерным креплением. Высота набережной равна 10,0 м. На стенке устроены причальные приспособления в виде тумб и рымов. Набережная пассажирского

причала осуществлена в виде укрепленного каменной мостовой откоса со свайным упором понизу.

Порт оборудован электрическими порталными кранами, автопогрузчиками и другими механизмами.

В порту построены: два кирпичных склада штучных грузов, железобетонный бункер, механическая мастерская, гараж, котельная, склад горючего, контора и другие здания.

Судоходная обстановка Цимлянского водохранилища выполнена по лотеральной системе и состоит из береговых и пловучих знаков.

Все прямолинейные участки судоходной трассы обставлены створами. На коротких участках створы парные, на длинных — щелевые. Всего на водохранилище имеется 44 створа с 99 знаками. На участках, где судоходная трасса проходит вдоль берега, положение судового хода фиксируется береговыми ходовыми знаками (20 шт.).

Для обозначения входов в убежища установлены береговые опознавательные знаки. Они выполнены в виде кирпичных оштукатуренных башен высотой около 6 м.

Для информации судоводителей об ожидаемой погоде установлено 11 штормовых мачт.

Плавучая обстановка Цимлянского водохранилища состоит из 163 речных и 45 средних морских буюв; кроме того, применены вехи.

Все знаки имеют ацетиленовые фонари, за исключением знаков на Цимлянском гидроузле, освещаемых от электросети.

Ацетиленовые фонари береговых знаков имеют солнечные клапаны для выключения света в дневное время. Огни передних знаков имеют на створах постоянный огонь, а на задних — проблесковый.

Створные знаки представляют собою сквозные металлические мачты сечением 1×1 м, к которым прикреплены щиты шириной 5 — 6 м и высотой 6,0 — 7,5 м. Наверху мачт устроены площадки, на которых размещены фонари. Мачты высотой до 11 м выполнены свободностоящими, высотой от 15 до 65 м — на оттяжках.

В верхней части водохранилища установлены металлические ходовые знаки с мачтами сквозной конструкции сечением 0,3×0,3 м и в нижней части, где ожидается сильный размыв берегов, деревянные.

Судоходную обстановку обслуживает находящееся в Калаче лоцмейстерство с помощью четырех лоцмейстерских дистанций и 18 постов.

1.2. Рыбное хозяйство

Создание Цимлянского водохранилища оказывает значительное влияние на рыбное хозяйство Азовско-Донского района. В результате регулирования стока реки значительно сокращается площадь и нарушается режим затопления займищ ниже Цимлянского створа, являвшихся до сих пор естественными нерестилищами таких важных для промысла рыб, как лещ, судак и сазан. Эта группа полупроходных рыб откармливается в море, а размножается в реке и ее пойменных водоемах, что не может осуществляться в настоящее время, так как преграждение Дона плотиной затрудняет миграцию ценных проходных осетровых рыб к местам их нереста, а также обратный скат производителей и молоди в море.

Наличие в составе узла рыбоподъемника не может обеспечить беспрепятственного прохода всей рыбы через сооружения. Поэтому перед рыбным хозяйством стоит задача осуществить комплекс рыбоводных и рыбоводно-мелиоративных мероприятий ниже створа Цимлянского гидроузла, которые могли бы обеспечить устойчивое воспроизводство рыбы.

Для целей рыбного хозяйства должно быть использовано само Цимлянское водохранилище. Оно обладает высокой биологической продуктивностью. Годовая продукция водохранилища может составить около 110 тыс. ц рыбы, в том числе 70% ценных полупроходных рыб. При этом следует отметить, что на участке Дона от станции Цимлянской до Калача, занятом теперь водохранилищем, общий улов рыбы ранее не превышал 5 — 6 тыс. ц, т. е. был не более 5% планируемой добычи рыбы.

В целях формирования стада ценных промысловых рыб (лещ, сазан, судак) в период 1951 — 1952 гг. было перевезено и выпущено в Цимлянское водохранилище производителей этих рыб в количестве более 170 тыс. шт.

Для обеспечения разводимой рыбы кормами были изучены и перевезены в водохранилище новые формы животных (черви и рачки), которые, как показали наблюдения, успешно развиваются в водохранилище. В ближайшие годы намечается проведение массовых перевозок новых партий кормовых объектов.

В целях борьбы с сорными рыбами и улучшения состава ихтиофауны проводится биологическая мелиорация стада имеющихся рыб в водохранилище путем отлова малоценных и хищных рыб. Также планируется акклиматизация ценных быстрорастущих рыб из бассейна Амура и сиговых рыб из водоемов Ленинградской области и Урала.

Для вылова рыбы и развития активных форм рыболовства произведена мелиорация ложа водохранилища: свodka и корчевка леса и кустарника на отдельных участках затапливаемой площади и планировка ее в районах неводного лова. Общая площадь неводного и тралового лова рыбы составляет 138 тыс. га.

Если по верхнему бьефу в связи с образованием новой акватории сырьевая база рыбной промышленности по прогнозу возрастет почти в 20 раз, то рыбному хозяйству Нижнего Дона будет нанесен значительный ущерб; рыбопромысловые уловы снизятся здесь почти на 75% за счет таких высокоценных рыб, как белуга, осетр, севрюга, рыбец, донская сельдь и др. Поэтому в условиях утраты мест икрометания проходных и полупроходных рыб, а также почти полной потери на займищах Нижнего Дона выростных площадей для молоди рыб для рыбного хозяйства разработаны мероприятия по воспроизводству рыбных запасов путем искусственного рыбозаведения. Проектом рыбохозяйственных мероприятий намечено строительство нерестово-выростных хозяйств для выращивания молоди полупроходных рыб с выпуском их нагул в Азовское море. Общая мощность хозяйств определилась в 1 137 млн. шт. молоди.

В 1955 г. вступило в эксплуатацию Рогожкинское рыбноводное хозяйство в дельте Дона, которым выращено и выпущено свыше 138 млн. шт. леща, сазана и судака, т. е. около 12% мощности всех запроектированных хозяйств.

В 1956 г. вступили в строй: Рогожкинский рыболовный завод по разведению осетровых рыб мощностью 2,8 млн. шт. молоди и Узьякское нерестово-вырастное хозяйство, рассчитанное на выпуск 57 млн. шт. молоди леща, сазана и судака в год.

Будет закончен строительством и вступит в строй в 1957 г. Аксайско-Донской осетрово-рыбцовый завод по выпуску 2,7 млн. шт. молоди осетровых рыб и 22 млн. шт. рыба.

Геологические условия района возможного расположения гидроузла достаточно постоянны, и выбор створа узла определяется, в основном, топографическими условиями. Дон — типичная равнинная река с хорошо разработанной долиной и поймой. Правый берег долины крутой и возвышенный, левый — пологий.

В районе станицы Цимлянской, в 7 и 13 км ниже нее, имелись два участка, благоприятных для расположения гидроузла: у селения Богучары и у станицы Соленовской. В обоих местах пойма реки сужается выступающей террасой левого берега, так называемым «рынком», примерно до 3,5 км; длина створа на надпойменных террасах в обоих случаях примерно одинакова.

Были рассмотрены варианты компоновки узла на обоих участках с расположением бетонной водосливной плотины и ГЭС на левобережной и на правобережной пойме и в русле. Основанием бетонных сооружений во всех вариантах являлись пески современного и древнего аллювия. Сопоставление наиболее экономичных вариантов по каждому из участков показало, что стоимость сооружений узла на принятом Соленовском участке уменьшается примерно на 13% за счет сокращения объема земляных работ.

В пределах Соленовского участка имелось два возможных створа, несколько различавшихся геологическим строением основания бетонных сооружений: в первом створе, проходившем немного ниже мыса «Рынок Соленовский», на сравнительно незначительной глубине залегает толща водоупорных грунтов, которые благодаря большей сопротивляемости размыву ограничивают своим положением глубину размыва русла в нижнем бьефе, более надежно защищая водосбросные сооружения от подмыва. Кроме того, водонепроницаемые диафрагмы в основании сооружения в виде металлических шпунтовых рядов могут быть доведены до водоупора.

Во втором створе, располагавшемся в 500 м выше первого и проходившем через мыс «Рынок Соленовский» (благодаря чему несколько сокращалась пойменная часть земляной плотины), водоупорные грунты в основании сооружений размывы водами древнего Дона.

При технико-экономическом сравнении обоих створов выяснилось, что по условиям компоновки сооружений оба створа примерно равноценны и стоимость сооружений практически одинакова (разница в стоимости сооружений составляла примерно 1 % в пользу второго створа). Учитывая существенные технические преимущества первого створа, он был окончательно принят для строительства Цимлянского гидроузла. Общая длина напорного фронта всех сооружений узла составляет 13,5 км. Напор сооружений до шлюзования нижележащего участка Дона 26,6 м, после шлюзования 23,5 м. Уменьшение напора против принятого приводило бы к существенному уменьшению полезного объема водохранилища, сокращению площади самотечного орошения, увеличению стоимости и удорожанию эксплуатации оросительных сооружений, увеличению затрат по Карповскому узлу судоходного канала и по подчисткам для судового хода в водохранилище. Увеличение напора узла давало бы энергетический эффект, который, однако, не окупал дополнительных капиталовложений.

Установленная мощность ГЭС на основе изучения условий ее работы в энергосистеме принята 160 тыс. квт.

Среднемноголетний годовой сток Дона в створе гидроузла составляет около 23,0 км³. За период весеннего половодья в среднем проходит 72% годового стока.

В состав сооружений гидроузла входят: здание гидроэлектростанции с рыбоподъемником, бетонная водосливная плотина, земляная плотина, судоходные шлюзы, порт и лесобаза, головное сооружение Донского магистрального канала, мосты, дороги и эксплуатационные поселки (рис. 6). Гидроузел скомпонован с расположением водосливной плотины и здания ГЭС на пойме реки, что позволило сооружать их независимо от пропуска строительных расходов реки.

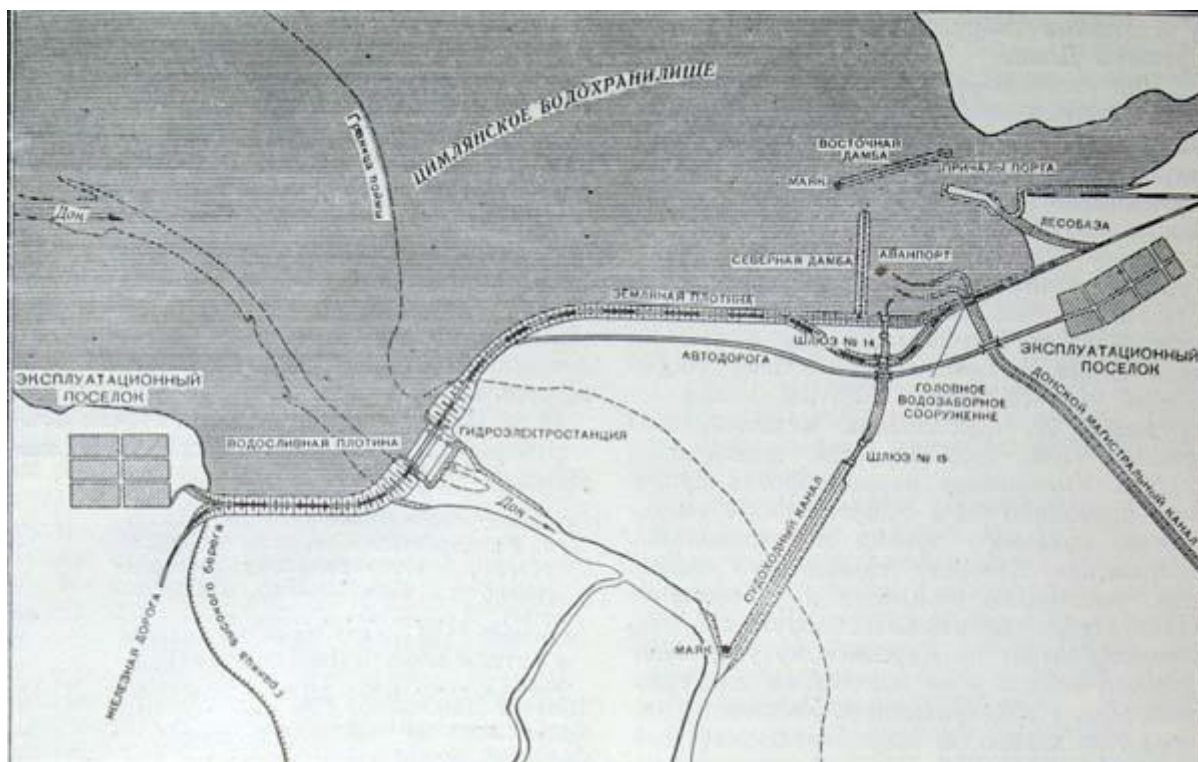


Рис. 6 Схема Цимлянского гидроузла

Русло реки в районе выбранного створа имело излучину, обращенную выпуклостью в сторону правого коренного берега. По хорде этой излучины па левобережной пойме располагалось озеро Сусорово и ряд протоков, которые представляли собой остатки старого русла реки. В этом староречьи и было выбрано расположение водосливной плотины и здания ГЭС. Это позволило свести к минимуму объемы работ по котловану сооружений и по устройству канала для отвода потока воды от сооружений и притом по прямому направлению, совпадающему с течением реки в нижнем бьефе. Последнее позволило избежать существенных переформирований естественного русла реки, что имело значение в связи с выходом в реку в 5 км ниже плотины низового судоходного канала шлюзной деривации.

Размещение всех бетонных сооружений на левом берегу было целесообразно также и по условиям организации производства строительных работ, потому что здесь на ровных и пологих надпойменных террасах левого берега вблизи бетонных сооружений имелась достаточная территория для размещения временных предприятий строительной площадки с подъездными железнодорожными путями. По геологическим условиям выбранное место расположения водосливной плотины и здания

ГЭС имело преимущество в связи с наличием на небольшой глубине под сооружениями водоупорных грунтов.

Расположение здания ГЭС со стороны берега позволило вести монтаж оборудования независимо от состояния работ на плотине, обеспечило простоту устройства подъездных путей, а также удобство выхода на открытое ОРУ 220/110 кВ, которое размещается около здания ГЭС на площадке, за низовым откосом земляной плотины.

Правобережная часть земляной плотины расположена по кратчайшему направлению от бетонной плотины до возвышенного берега; для примыкания выбран пологий, не расчлененный оврагами участок берега. На левом низком берегу положение земляной плотины с изгибом в плане определено из условий прохождения ее по наиболее высоким отметкам местности и сохранения на надпойменных террасах со стороны нижнего бьефа вблизи бетонной плотины площадки здания ГЭС строительной площадки таких размеров, которые достаточны для размещения временных сооружений и поселка.

Судоходные сооружения общей протяженностью 5,3 км в виде деривационного канала с двумя однокамерными шлюзами размещены на левом берегу. Такая схема сооружений и их расположение оказались наиболее целесообразными по экономическим и техническим требованиям. Первая ступень деривации — шлюз № 14 и вторая ступень — шлюз № 15 соединены промежуточным каналом длиной 1,6 км. От шлюза № 15 до русла реки проложен низовой подходной канал длиной 3,5 км. Перед входом в шлюз № 14 в водохранилище создан аванпорт; с левой его стороны размещается порт и несколько дальше в долине р. Соленой — лесобаза.

Головное водозаборное сооружение Донского магистрального канала расположено на левом берегу, так как предназначено для орошения левобережья Дона.

Через сооружения узла проходят железнодорожная линия Морозовская — Куберле, автодорога и эксплуатационное шоссе. Размещение дорог раздельное: железная дорога и эксплуатационное шоссе проходят по гребню земляной плотины, автодорога — по берме низового откоса.

Эксплуатационных поселков построено два: один на левом берегу выше магистрального канала для персонала, обслуживающего судоходные сооружения, другой на

правом берегу несколько выше створа плотины для персонала гидроэлектростанции и плотины.

1.3 Инженерно-геологические условия створа.

Основанием сооружений гидроузла служат рыхлые грунты четвертичного возраста мощностью до 40 м. На надпойменных террасах левого берега сооружения располагаются непосредственно на лессовидных макропористых грунтах, средние значения относительной просадочности которых колеблются в пределах от 1,7 до 4,3%. На пойменных участках четвертичные отложения представлены аллювиальными песками с прослоями и линзами старичных мягких суглинков и глин. Водосливная плотина и здание гидроэлектростанции возведены на аллювиальной толще со съемом верхних ее слоев.

Коренные третичные породы, представленные майкопскими глинами, харьковскими алевролитами, киевскими глинами и мергелями и бучакскими песчано-глинистыми породами, залегают на значительной глубине и только на правом берегу долины реки слишком подходят к поверхности, почти обнажаясь на некоторой высоте над нормальным подпорным горизонтом. В пределах русла и поймы реки коренные породы представлены песчано-глинистой толщей, прикрытой сверху в пределах левобережных поймы и первой надпойменной террасы шириной около 3,5 км слоем глинистых мергелей.

Земляная плотина протяженностью 12,75 км пересекает различные геоморфологические элементы долины Дона:

1. Надпойменные террасы левого берега реки, где основанием плотины служат покровные макропористые (лессовидные) суглинки. Суглинки пронизаны ходами землероев на глубину преимущественно до 2,0 м, ниже 4,0 м ходы отсутствуют.

На участке правобережного примыкания склон коренного плато местами прикрыт древними оползнями и расчленен оврагами. Плотина примыкает к середине участка между двумя оврагами.

2. В пределах правобережной поймы и русла Дона основанием плотины служат аллювиальные пески с включениями линз и прослоев старичных мягкопластичных грунтов. На левобережном участке поймы верхняя часть аллювия представлена суг-

линками, супесями, песками и старичными грунтами, местами с погребенным почвенным горизонтом. Грунты фации стариц имеют местами очень низкие значения показателей сопротивления сдвигу.

Карьеры для тела плотины. Карьеры песков для намыва плотины были заложены в основном в нижнем бьефе плотины и лишь частично в верхнем. Пески преимущественно мелкозернистые, пылеватые; частично имелись среднезернистые пески.

Карьеры суглинков для участка насыпной плотины на левом берегу были расположены в верхнем бьефе на расстоянии до 170 м от оси плотины. Суглинки были макропористые, по преимуществу пылеватые, с естественной влажностью от 7 до 14%. Грунты доувлажнялись в карьере, так как оптимальная влажность для них при укатке составляла около 16—18%.

Земляная плотина на основной длине осуществлена намывной из мелкозернистых песков поймы Дона; это является ее особенностью: до сих пор мелкозернистые пески допускались техническими условиями лишь для намыва небольших плотин. Огромный объем земляных работ по плотине (30 млн. м³, в том числе объем намывной части плотины 28,86 млн. м³) при коротких сроках строительства и расположении плотины на большем ее протяжении на просадочных макропористых суглинках, требующих замачивания основания при строительстве, сделали единственно возможным и целесообразным возведение сооружения методом гидромеханизации. Небольшая часть плотины у левого берега, имеющая наибольшую высоту 11,8 м при напоре 7,8 м и значительно удаленная от песчаных карьеров, выполнена сухим способом из местных макропористых суглинков.

Намыв тела плотины производился двусторонним способом с боков к середине. Предполагалось, что произойдет некоторое фракционирование песка с образованием в центре менее водопроницаемого ядра плотины. Ввиду однородности песков и большой производительности работавших землесосных снарядов (300 и 500 м³/час) создание условий для фракционирования грунта оказалось практически невозможным и заметно выраженного ядра не получилось.

Отношение ширины по основанию к высоте насыпной части плотины составляет от 8,4 до 10,0. Распластанность профиля обусловлена требованиями устойчивости откосов и основания.

Для намывного участка плотины на левобережных надпойменных террасах и пойме отношение ширины к высоте составляет от 11 до 14. Профиль плотины определился в основном также условиями устойчивости ее совместно с основанием.

Плотина в русле на высоту каменного банкета возведена односторонним, а выше — двусторонним намывом. Правобережная часть плотины (рис. 2) имеет наиболее обжатый профиль с отношением ширины к высоте 9,4, который был возможен здесь благодаря хорошим грунтам основания — пескам.



Рис.7. Земляная плотина на участке правобережной поймы

Подготовка основания плотины на пойменных участках заключалась в снятии поверхностного слоя толщиной до 1 м, содержащего корневые остатки, и в удалении илесто-глинистых отложений в пределах озерцов, староречий и пойменных протоков. На надпойменных левобережных террасах снимался верхний гумусированный слой толщиной 1,0 м; зона развития ходов землероев пересечена зубьями глубиной до 3,5 м. Средняя глубина всех выемок в основании плотины, включая выемки под дренаж, составила около 1,7 м.

Возвышение гребня плотины над нормальным подпорным горизонтом от правого берега до аванпорта из условия защиты от волновых воздействий принято в 5 л с бетонным парапетом в 1 м. В пределах аванпорта и до левого берега, где волновые воздействия меньше, отметка гребня плотины понижена на 1,0 м.

На участках плотины с распланным профилем выполнен дренаж закрытого типа, уложенный внутри низового клина, так как применение в этом случае дренажа,

расположенного с внешней стороны профиля, было нецелесообразно: кривая депрессии захватила бы всю нижнюю часть низового клина плотины, вследствие чего уменьшился бы его вес и появилось бы воздействие на него сдвигающих гидродинамических сил. При этом эффект от уширения плотины, требующегося для устойчивости по геологическим условиям основания, был бы значительно снижен.

В обжатом профиле дренаж уложен в виде наклонного фильтра, нижняя часть которого развита и представляет собой дренажную призму с трубой внутри.

Суммарный фильтрационный расход дренажа плотины, по данным лабораторных исследований, определен в $1,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ (без учета фильтрационного расхода в основании плотины).

Каменный банкет в русле реки в состав дренажных устройств не входит: он служил лишь для закрытия русла. Так как водопроницаемость замытого банкета меньше водопроницаемости песчаного тела плотины примерно в 2,5 раза, банкет смещен на 30,0 м в сторону нижнего бьефа, чтобы иметь место перед ним для размещения дренажа.

В насыпной суглинистой плотине дренажем являются заполненная двухслойным фильтром неглубокая продольная канавка, расположенная примерно в середине основания низового клина плотины и соединенная с наружной водоотводной канавой, и наклонный фильтр по низовому откосу плотины.

Дренаж в нижнем бьефе плотины. На левобережных надпойменных террасах залегают макропористые делювиальные и аллювиальные суглинки, подстилаемые толщей аллювиальных песков. В нижнем бьефе плотины под этими суглинками без наличия каких-либо мероприятий образуется избыточный напор, а в их толще имеют место довольно высокие градиенты фильтрации, что приводит к взвешиванию грунта и к заболачиванию территории. Поэтому вдоль плотины на расстоянии 50 м от ее подошвы выполнена канава глубиной до 3,0 м, у дна которой через 10 — 20 м заложены самоизливающиеся разгрузочные дренажные скважины.

На правобережной пойме залегают толща мелкозернистых песков с линзами и прослойками супесей и суглинков, подстилаемая среднезернистыми песками. Здесь также имеет место избыточный напор грунтовых вод в верхней толще мелкозерни-

стых грунтов и заболачивание прилегающей территории. Поэтому в водосборной канаве, проходящей вдоль низового откоса плотины, через 10—20 м заложены самоизливающиеся дренажные скважины, а прилегающая к плотине пойма на ширине 0,3 — 0,4 км замыта песком и спланирована с устройством водосборных канав.

Водосливная плотина и здание гидроэлектростанции размещены рядом, что позволило выполнить подводящие и отводящие каналы общими и уменьшить количество сопряжений бетонных сооружений с земляными, а также осуществить общий фронт противотрационных устройств в основании плотины и ГЭС. В верхнем и нижнем бьефах оба сооружения разделены пирсами, которые улучшают гидравлические условия их работы и служат для размещения входной и выходной галерей рыбоподъемника.

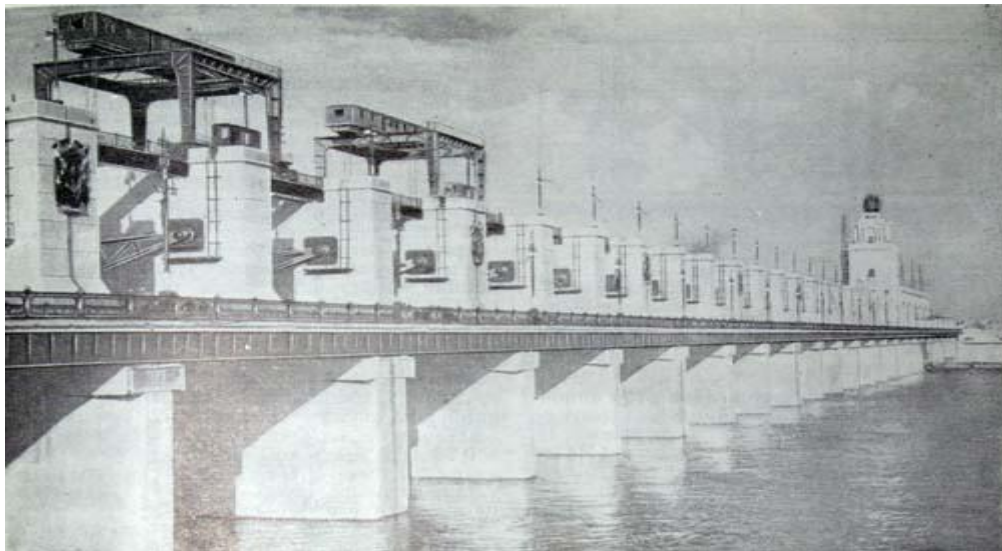


Рис. 8 Цимлянская водосливная плотина. Вид с нижнего бьефа

Геологические условия основания сооружений следующие: на глубину 13 - 15 м ниже их подошвы залегают современные и древние четвертичные аллювиальные отложения, сложенные песками с прослоями и линзами старичных суглинков и глин, с базальным песчано-гравелистым горизонтом в основании.

Мелкозернистые пески современного аллювия в основании сооружений удалены при выемке котлована и остались лишь под понуром, водобоем и рисбермой и частично под подпорными стенками. Глубина котлована при этом составила 14 -16 м. Аллювий подстилают морские осадки третичной системы: непосредственно под аллювием слой водоупорных пластичных мергелей киевского яруса мощностью не бо-

лее 4 м, а под ним 100-метровая толща бучакских глауконитовых слабофильтрующих песчано-глинистых отложений.

Возведение на мелкозернистых легко размываемых песках сооружений с напором 26,6 м осуществлено впервые: до сего времени на аналогичных основаниях строились сооружения лишь небольшого напора. Выбору величины удельного расхода воды через плотину на рисберме, принятой в $35 \text{ м}^3/\text{сек}$, и глубины заложения ее отдельных частей предшествовали большие гидравлические исследования модели узла сооружений и теоретическое и лабораторное изучение вопроса о возможных глубинах размыва отводящего русла за сооружением.

Исследованиями было установлено, что размывы за рисбермой, по-видимому, ограничатся аллювиальными песками, расположенными над слоем мергеля; увеличение удельного расхода сверх принятого привело бы к возможности размыва последнего и к весьма нежелательному углублению размывов в зону очень мелкозернистых коренных песков и супесей.

Общая длина плотины и здания ГЭС с рыбоподъемником по напорному фронту составляет 612,1 м. Плотина имеет 24 водосливных пролета шириной по 16 м каждый, перекрытых сегментными затворами. Гребень водослива располагается на 7,25 м ниже нормального подпорного горизонта воды.

Сопряжение водосливной плотины и здания гидроэлектростанции с земляной плотиной произведено посредством бетонных подпорных стенок, которые одновременно служат для направления потока; в верхнем бьефе па всем протяжении верх стенок располагается выше НПГ. Для обоих берегов стенки симметричны и имеют криволинейное очертание в плане; протяженность их у каждого берега равна 145 м.

Сопрягающая стенка нижнего бьефа правого берега отходит от водослива прямолинейным участком под углом 14° к направлению потока с целью осуществления его растекания; на расстоянии 110 м от плотины она поворачивает под прямым углом и сопрягается с берегом. Левобережная стенка служит для сопряжения площадки открытого распределительного устройства с отводящим каналом ГЭС; на длине 80 м она идет параллельно потоку, а затем поворачивает под прямым углом к берегу и сопрягается с ним.

Противофильтрационные устройства в основании водосливной плотины и здания ГЭС состоят из понура и двух металлических шпунтовых рядов, прорезающих пески и заглубленных на 1,5 л в слой мергеля. Один шпунт расположен в начале понура; второй — под верховым краем плотины и здания ГЭС.

Третий шпунтовый ряд, забитый на глубину около 6 м под нижним краем плотины и здания ГЭС, служит для предохранения песчаных грунтов основания от выпора их давлением сооружений и фильтрационным потоком.

В сопряженных с земляной плотиной по тыловым граням устоя водослива и здания ГЭС устроено по две диафрагмы из металлического шпунта, забитого также в мергелистый слой. Основные диафрагмы длиной 100 м у бетонной плотины и 80 м у здания ГЭС расположены по линии шпунтового ряда вдоль верховой грани сооружений. Вторые диафрагмы имеют длину по 30 м и расположены в 46 м в сторону нижнего бьефа от основных диафрагм.

Водосливная часть плотины имеет фундаментную плиту и бычки, сильно развитые в сторону верхнего бьефа, что повышает общую устойчивость сооружения за счет пригрузки плотины водой и выравнивает краевые давления на грунт в основании почти до одинаковых величин. Плита со стороны верхнего и нижнего бьефов усилена продольными зубьями, врезанными в основание. Плотина осуществлена с анкерным понуром длиной 50 м, пригруженным грунтом слоем в 8,4 м.

По длине плотина разбита осадочными швами на восемь секций, каждая из которых включает три пролета водослива, разделенных бычками; между секциями — двойные полубычки, каждый из которых соединен монолитно со своей секцией. В осадочных швах между полубычками устроены противофильтрационные шпонки, допускающие разную осадку секций. При этом шпонки размещены так, что на путях возможного возникновения фильтрации поставлено по два ряда шпонок. В секции, сопрягающейся с земляной плотиной, крайний полубычок заменен массивной стенкой — устоем.

Конструкция водосливной части плотины запроектирована с учетом устройства по ее оси на период строительства бетоновозной металлической эстакады, опоры которой располагаются в пределах бычков и полубычков.

Водослив плотины запроектирован безвакуумного профиля с вертикальной верховой гранью. От бычков, полубычков и устоев водослив отрезан температурными швами идущими от его гребня до верха фундаментной плиты. В швах устроены противодиффузионные шпонки. Бычки и полубычки жестко связаны с фундаментной плитой в верхней части перед пазами аварийно-ремонтных затворов они надрезаны температурными швами на высоту 13,4 м.

В теле водосливов размещена смотровая галерея, проходящая по всей длине плотины и служащая также для сбора фильтрационных вод и прокладки электрокабелей напряженностью 10 кв.

Фильтрующаяся через бетон вода собирается дренажными вертикальными колодцами диаметром 0,15 м, находящимися на расстоянии 1,5 м один от другого и в 35 м от напорной грани водослива.

К водосливу примыкает водобойная плита толщиной 4,5 м и длиной 50 м, на которой располагаются устройства для гашения энергии потока — струенаправляющие пирсы и водобойная стенка. Рисберма, выполненная из бетонных плит толщиной от 25 до 1,25 м и размерами в плане от 20×25 м до 10×10 м, на начальном участке горизонтальна, а далее с переменным уклоном опускается на 7,60 м. Рисберма заканчивается анкерным массивом, в котором закреплена гибкая часть крепления, образованная из двух слоев связанных между собой железобетонных плит размерами 2,0×2,0×0,25 м. В конце крепления устроено углубление-ковш; по его верховому откосу и дну уложены хворостяные тюфяки, а сам ковш высоту 6,0 м засыпан камнем. Последний предназначен для осыпания при размывах грунта за рисбермой и образования откоски, ограничивающей глубину размыва.

Заглубленное крепление с хворостяным тюфяком и каменной наброской должно вдоль подошвы откосов береговых струенаправляющих дамб и заведено в берега. В этих частях дно ковша по условиям его выполнения подводным способом (землесосными снарядами) после затопления рисбермы было расположено на 6,0 м выше, чем на участках против плотины.

Общая длина крепления нижнего бьефа плотины, считая от низовой грани водослива до конца каменной отсыпки ковша, составляет около 300 м (~12 напоров).

Со стороны верхнего бьефа по бычкам плотины уложены металлические пролетные строения однопутного железнодорожного моста; рядом с ним предусмотрено место для моста второй колеи. Со стороны нижнего бьефа по бычкам устроен металлический автодорожный мост. Расположение мостов связано с компоновкой здания ГЭС и определило очертание верховой части бычков.

1.4 Гидроэлектростанция

Установленная мощность станции 160 тыс. квт (в четырех агрегатах по 40 тыс. квт). Наибольший статический напор 26,6м, наименьший расчетный напор турбин 17,5 м. Среднесуточные расходы ГЭС: наименьший 160 м³/сек, наибольший 1100 м³/сек. Среднегодовая выработка энергии при полном развитии орошения и после постройки Нижне-Донских узлов определена расчетом по 33-летнему ряду в 460 млн. квт-ч в год; ГЭС будет работать, в основном, по пиковому режиму.

В настоящее время ГЭС, в основном, работает по режиму, отвечающему требованиям водного транспорта, поэтому большая часть годовой выработки электроэнергии приходится на период навигации. В связи с большим напором и меньшим отбором воды на орошение выработка в средний по водности год должна составлять около 660 млн. квт-ч. На ГЭС частично возлагаются функции аварийного резерва.

Линиями электропередач 220 кв ГЭС связана со смежными энергосистемами и линией 110 кв — с насосными станциями, подающими воду для орошения.

Гидроэлектростанция руслового типа. Здание ГЭС расположено в общем фронте подпорных сооружений с левой стороны водосливной плотины. Оно состоит из двух секций: речной, включающей два блока главных агрегатов и блок рыбоподъемника, и береговой, включающей также два блока главных агрегатов и монтажную площадку. Блок рыбоподъемника состоит из рыбоходного шлюза и малого гидроагрегата, работающего на расходах рыбоподъемника.

Главный агрегат станции состоит из поворотнолопастной турбины диаметром 6,6 м и генератора мощностью 50 000 ква, напряжением 10,5 кв. Повысительные трансформаторы однофазные, объединенные в две группы по три штуки. Малый агрегат

мощностью 4 200 кВт состоит из поворотной-лопастной турбины и генератора мощностью 5 000 квт.

Общая длина здания ГЭС равна 116,6 м (включая рыбоподъемник и монтажную площадку), ширина 56,5 м.

С нижней стороны к зданию ГЭС примыкает водобойная плита длиной 50 м при толщине от 3,0 до 1,0 м.

Конструкция рисбермы аналогична принятой для водосливной плотины. Водобойная плита и рисберма уложены на слое обратного фильтра.

Щитовое отделение верхнего бьефа станции оборудовано быстродействующими затворами с механизмами, сорозадерживающими решетками, ремонтными заграждениями и козловым грейферным краном грузоподъемностью $2 \times 20 / 2 \times 10$ т с грейферным захватом и ловильной балкой. Над пазами быстродействующих затворов и их механизмами устроено разборное металлическое помещение.

Щитовое отделение нижнего бьефа, расположенное под автодорожным мостом, оборудовано ремонтным заграждением и катучей лебедкой грузоподъемностью 2×10 т с ловильной балкой.

Электромеханическое оборудование размещено на трех этажах здания ГЭС: в нижнем помещаются кабели и шахты-лазы в отсасывающую трубу; в среднем — помещения для аккумуляторных батарей и устройств связи; в верхнем — главное и комплектные распределительные устройства 10,5 кв.

Открытое распределительное устройство размещается на площадке левого берега, ниже здания ГЭС.

На уровне верхнего этажа расположен турбинный зал, из которого возможен вход в турбинную шахту. Здесь же размещаются сервомоторы направляющего аппарата турбины и компрессорные установки.

В машинном зале гидроэлектростанции расположены генераторы главных агрегатов, маслонапорные установки, колонки комбинатора и регулятора турбин. Зал обслуживается двумя мостовыми кранами грузоподъемностью по 150 т. Все этажи и помещения связаны между собой лестничными переходами. В пределах этажа помещения связываются сквозными коридорами.

Конструкции здания ГЭС выполнены из монолитного железобетона. Каркас стены машинного зала со стороны нижнего бьефа образован подкрановыми колоннами с шагом 6,5 м; до подкрановых балок сечение колони 80×180 см, выше балок — 80×100 см. В местах разрезки сооружения швами установлены спаренные колонны. Заполнение каркаса кирпичное. Сводчатая железобетонная кровля имеет толщину 25 см и воспринимает нагрузку от мачт электрохозяйства станции. На колонны свод опирается через железобетонную ранд-балку.

Напорные элементы станции облицованы плитами оболочек толщиной 9 см. Среднее содержание арматуры в блоках станции составляет 83,5 кг/м³, что обусловлено относительной легкостью принятых конструкций (объем бетона на 1 квт установленной мощности ГЭС составляет 0,77 тыс. м³).

Ниже уровня пола машинного зала в блоке монтажной площадки размещаются: помещения сливных резервуаров, масляное хозяйство, лаборатория, мастерские, санузел, камеры хранения затворов отсасывающих труб и шандорного заграждения водозаборных отверстий турбин, а также административные помещения. Здесь же размещается щит управления ГЭС.

Рыбоподъемник предназначен для пропуска из нижнего бьефа в верхний осетровых, частичковых и других пород рыб, направляющихся вверх по течению для нереста. Рыбоподъемник размещен между водосливной плотиной и зданием ГЭС. Выбранное положение определилось следующими соображениями:

а) наличием постоянного тока воды от ГЭС, что способствует привлечению рыбы к входному отверстию рыбоподъемника;

б) возможностью использования отдельных пирсов между плотиной и зданием ГЭС для устройства входных и выходных лотков рыбоподъемника.

В состав рыбоподъемника входят следующие устройства: входной лоток, садок, рыбоподъемный шлюз, выходной лоток и малый гидроагрегат.

Входной лоток шириной 6 м и длиной 110 м занимает весь отдельный пирс нижнего бьефа. От левого берега отводящего канала ГЭС к входному отверстию лотка, пересекая канал под углом 45°, располагается рыбонаправляющая сеть. За входным отверстием лотка размещаются пазы ремонтного заграждения и регулирующий

сдвоенный затвор. Подъем и опускание регулирующего затвора производятся из здания управления, расположенного на низовом конце пирса. Скорость течения воды в лотке при наибольшем расходе в $25 \text{ м}^3/\text{сек}$ изменяется от $0,4$ до $1,0 \text{ м}^3/\text{сек}$ в зависимости от горизонта нижнего бьефа. Питание лотка водой производится от малого агрегата через отверстие в наклонной части дна, закрытое металлической сеткой.

Садок размерами $5 \times 18 \text{ м}$ расположен в блоке рыбоподъемника и служит для концентрации рыбы у входа в подъемный шлюз. От входного лотка садок отделен ловушкой, состоящей из двух стальных сеток, поставленных симметрично под углом к оси лотка и шарнирно прикрепленных к стенам. В дне садка размещено второе отверстие, закрытое металлической сеткой для подачи воды от агрегата с целью создания в ловушке привлекающих скоростей. Садок соединен отверстием размером $5 \times 6 \text{ м}$ с рыбоподъемным шлюзом, перекрываемым во время шлюзования плоским затвором. Заход рыбы в шлюз осуществляется с помощью понуждающей сетки, которая передвигается вдоль садка.

Шлюз в горизонтальном сечении имеет размеры $5,0 \times 7,3 \text{ м}$. Подъем рыбы в шлюзе производится с помощью побуждающей сетки, поднимающейся вслед за подъемом уровня воды. Наполнение шлюза из верхнего бьефа осуществляется через два трубопровода диаметром 400 мм . Сброс воды из шлюза производится по трубопроводу диаметром 600 мм . Выходное отверстие шлюза перекрывается шандорной стенкой, на которую опирается рабочий затвор размерами $5 \times 2 \text{ м}$. Маневрирование затворами и подъемной сеткой шлюза производится с помощью механизмов, расположенных в башне рыбоподъемника.

Выходной лоток шириной 6 м и длиной около 65 м размещен частично в пределах секции здания ГЭС и частично в верховом пирсе. Выходное отверстие лотка устроено в правой стенке верхового пирса, со стороны водосливной плотины.

Малый гидроагрегат установлен в машинном зале, расположенном под выходным лотком рыбоподъемника; зал соединен с турбинным помещением ГЭС проемом размером $3,5 \times 2,5 \text{ м}$, закрываемым герметическими воротами. Водоприемник агрегата расположен в верховом пирсе. Забор воды осуществляется под выходным лотком рыбоподъемника через три отверстия в левой стенке пирса, со стороны здания ГЭС. От-

верстия перекрываются решетками, которые во время ремонта агрегата заменяются шандорами. В качестве быстродействующего затвора применен плоский затвор с гидравлическим приводом грузоподъемностью 60 т, который установлен в отсасывающей трубе турбины. Он используется также при ремонте малого агрегата. Затвор перекрывает отверстие размерами 4,0×1,5 м и рассчитан на напор 33,5 м.

Пропуск рыбы через рыбоподъемник производится в такой последовательности. Поднимающаяся против течения в нижнем бьефе рыба подходит вдоль направляющей сети к входному отверстию и, привлекаемая струей воды, входит в низовой лоток. Пройдя ловушку, рыба некоторое время находится в садке. С началом очередного цикла шлюзования у ловушки опускается понуждающая сетка, которая, дойдя до дна, двигается к шлюзу, заставляя рыбу войти в шлюз. Одновременно с началом цикла открываются задвижки наполнения шлюза, создавая в его входном отверстии скорости, привлекающие рыбу. По достижении сеткой крайнего положения у стены шлюза нижний затвор шлюза закрывается. Подъемная сетка начинает подниматься вместе с ростом уровня воды, сохраняя над сеткой постоянную глубину воды. После выравнивания уровня воды в шлюзе и в выходном лотке открывается верхний затвор шлюза; сетка, поднимаясь до поверхности воды, вытесняет рыбу в выходной лоток.

Весь цикл шлюзования полностью автоматизирован и продолжается около 40 мин.

1.5 Судходные сооружения Цимлянского гидроузла

В состав судходных сооружений Цимлянского гидроузла входят: 1) аванпорт в верхнем бьефе; 2) два однокамерных судходных шлюза: № 14 и 15; 3) промежуточный канал между шлюзами; 4) низовой подходной канал; 5) порт; 6) лесобаза.

Предусмотрена возможность сооружения в дальнейшем второй нитки шлюзов, располагающейся параллельно первой. Верхняя голова второй нитки шлюза № 14 и примыкающая к ней часть камеры, сопрягающие шлюз с телом земляной плотины, выполнены одновременно с судходными сооружениями первой нитки, так как постройка их в будущем была бы затруднительной.

При нормальном подпорном горизонте верхнего бьефа гидроузла и нормальном судоходном горизонте нижнего бьефа (при расчетном допусковом расходе 580 м³/сек) общий напор судоходных сооружений составляет 23,8 м. При сработке водохранилища, а также при высоких горизонтах Дона в нижнем бьефе напор снижается до 17,0 м. Напоры шлюзов составляют: для шлюза № 14 от 12,2 до 6,0 м и для шлюза № 15 от 6,2 до 14,75 м.

Габариты шлюзов приняты такими же, как и для Волго-Донского судоходного канала.

Порт и лесобаза расположены в верхнем бьефе гидроузла на акватории рядом с предшлюзовым аванпортом.

Все судоходные сооружения Цимлянского гидроузла расположены на аллювиальных и делювиальных отложениях четвертичного периода. Основанием дамб аванпорта являются макропористые суглинки. Основанием шлюза № 14 служат мелко- и среднезернистые пески, под которыми залегают тугопластичные глины. Промежуточный канал почти целиком расположен в макропористых суглинках и только в концевой части — в песчаных грунтах.

Основанием шлюза № 15 служат суглинки, тугопластичные глины и пески. Низовой подходной канал на всем протяжении проходит в аллювиальных песчано-глинистых отложениях. В основании насыпных площадок Цимлянского порта и лесобазы залегают макропористые суглинки. Ниже суглинков залегают песчаные грунты аллювия.

Предшлюзовой аванпорт, порт и лесобаза имеют общую акваторию, защищенную от волнений в водохранилище северной и восточной дамбами-волноломами. Северная дамба примыкает к земляной плотине под прямым углом, восточная же расположена почти параллельно земляной плотине, в расстоянии 2 — 2,5 км от последней (см. рис. 1).

Волноломы снижают высоту волны на защищенной акватории с 3,0 до 0,2 — 0,6 м в разных ее частях.

Огражденная дамбами акватория аванпорта обеспечивает спокойный подход судов к шлюзам, возможность отстоя судов во время шторма и переформирование караванов.

В расстоянии около 1 км от северной дамбы аванпорта в пределах защищенной акватории на специально созданном моле расположены береговые устройства порта.

На расстоянии около 400 м от территории порта расположена площадка Цимлянской лесоперевалочной базы, акватория которой является продолжением акватории порта.

Трасса судоходных сооружений пересекает земляную плотину на расстоянии 3 км от левобережного ее конца и выходит в нижнем бьефе к излучине Дона в 5 км ниже створа плотины, за пределами зоны воздействия потока, сбрасываемого через плотину.

Для создания преимущества судам, входящим в шлюзы, причальные линии устроены в одну линию со стенами камер и расположены с правой стороны направления движения судов к шлюзу. Исключение составляет верхний подход к шлюзу № 14, где причалы шлюза первой нитки расположены с левой стороны по отношению к подходу, а причалы второй нитки намечается расположить симметрично справа.

Проектными проработками было установлено, что для данных условий наиболее целесообразной является схема в составе двух ступеней однокамерных шлюзов № 14, 15 с промежуточным разъездным каналом между ними.

Значительные колебания напора привели к необходимости дополнительного подпитывания раздельного бьефа между шлюзами при сработке водохранилища и к сбросам излишков воды из него в Дон при подъеме горизонта воды в последнем.

Как и для разъездных каналов Волго-Донского канала, было принято, что в пределах амплитуды колебаний статических горизонтов промежуточный канал должен вмещать до трех сливных призм шлюзов. За нормальный статический горизонт был принят горизонт, при котором в расчетных условиях сливные призмы обоих шлюзов равны.

Конструкция шлюзов. Цимлянские шлюзы по конструкции аналогичны шлюзам Волго-Донского канала; имеющиеся же особенности обусловлены примыканием их к водохранилищу и другими местными условиями.

На шлюзах применена головная система наполнения и опорожнения камер. Конструкции шлюзов выполнены с применением главным образом армированного бетона и лишь частично железобетона. Камеры имеют днища, разрезанные посередине.

Караваны судов или плотов, подходящие по водохранилищу к шлюзам Цимлянского гидроузла, расформировываются на рейде верхнего бьефа для проводки их через шлюзы. Суда же, прошедшие шлюзы, формируются на рейде в караваны для следования их по водохранилищу.

В целях обеспечения безопасности стоянки судов в штормовую погоду пришлюзовые рейды в верхнем бьефе ограждены дамбами. Последние одновременно защищают от волнений акваторию порта и лесобазы.

Дамбы аванпорта. Северная ограждающая дамба длиной 1500 м расположена параллельно оси судового подхода к шлюзу на расстоянии примерно 300 м от нее. Восточная дамба длиной 1 580 м расположена примерно под углом 110° к северной дамбе. Вход в аванпорт между северной и восточной дамбами имеет ширину 400 м. Возвышение гребня северной дамбы над нормальным подпорным горизонтом равно 3 м; заложение откосов 1:3 до отметки, расположенной на 3,0 м ниже НПП, а ниже этой отметки — 1:4. Откосы, обращенные в сторону аванпорта, укреплены камнем. Откосы дамбы, обращенные в сторону водохранилища, укреплены бетонными плитами толщиной 0,4 м. По гребню дамбы со стороны водохранилища возведен парапет высотой 1,1 м.

Северная дамба возведена сухим способом из местных лессовидных суглинков; против промерзания и пучения откосы дамбы защищены слоем песка.

Тело восточной дамбы на длине 1 240 м выполнено гидромеханизацией из мелкозернистого песка, на остальной — из известняка с суглинком с отсыпкой под воду и выше из суглинка.

Со стороны водохранилища откос укреплен бетонными плитами толщиной 0,4 м, а со стороны акватории аванпорта — крупным камнем на обратном фильтре.

На северном оголовке восточной дамбы аванпорта возведен маяк; на оголовке северной дамбы установлен световой сигнал.

Портовые береговые устройства располагаются на молу. На внутренней стороне его, на длине 580 м, размещены причалы, а на площадке — складские устройства и служебные здания. Портовая территория соединена с берегом узкой частью мола, по которой проходят подъездные дороги — железная и автомобильная.

В порту имеются четыре грузовых причала, а также пассажирский, служебный и другие причалы. Набережная образована одноанкерной шпунтовой металлической стенкой высотой 9,85 м.

Для грузовых операций в порту установлены четыре порталных крана, 15 транспортеров и другое подъемно-транспортное оборудование.

Выводы по Главе 1:

В длину степное Цимлянское море протянулось почти на 300 километров, а в ширину местами достигает 38 километров. В отдельных местах глубина моря 25 метров — это почти столько же, сколько в природном Азовском море. С апреля до декабря по нему ходят суда, но осенью речникам досаждают штормы, от которых они спасаются в специально устроенных укрытиях (их на море около десяти). Водохранилище вмещает 12,6 миллиарда кубометров воды, которая работает в турбинах гидроэлектростанции и питает Волго-Донской канал. Плотина, перегородившая Дон, защитила низовья реки от весенних половодий.

Наполнение Цимлянского водохранилища происходит в основном за счет стока талых вод весеннего половодья с территории бассейна, расположенного выше г. Калач, а также за счет приточности по рекам: Карповка, Донская Царица, Мышковка, Чир, Аксай Есауловский, Аксай Курмоярский и Цимла. Суммарный среднегодовой сток боковых притоков водохранилища (составляет 1,1 куб. км) не превышает 5% от общего притока и снижается в маловодные годы до 0,2 куб. км. Внутригодовое распределение стока характеризуется крайней неравномерностью. Доля стока весеннего половодья (3-5 месяцев) — составляет от 70 до 90%, сток летне-осенней и зимней межени колеблется от 10 до 30%.

Период летне-осенней и зимней межени отличается более или менее равномер-

ной водностью: доля летне-осенней межени составляет порядка 13% от годового стока.

По водохранилищу проходит судовой ход от устья Волго-Донского канала у г. Калача до Цимлянского гидроузла протяженностью 186 км.

Условия плавания на отдельных участках водохранилища различны: на верхнем участке протяжением около 40 км, от Карповского гидроузла до долины р. Чир, ширина и глубина водохранилища незначительны. При сработке водохранилища пойма обсыхает, обнажая русло Дона. Судоводная трасса проходит здесь по руслу реки; последнее прижато к правому крутому берегу и достаточно удобно для плавания. Ниже, на протяжении около 25 км, трасса идет частично по руслу Дона и частично в прорезях, спрямляющих излучины реки.

Судоводную обстановку обслуживает находящееся в Калаче лоцмейстерство с помощью четырех лоцмейстерских дистанций и 18 постов.

Глава 2. Загрязнение Цимлянского водохранилища

Проблема загрязнения водных ресурсов в РФ стоит чрезвычайно остро, поэтому выбранная тема исследования весьма актуальна. Возрастание техногенной нагрузки на водосборные территории при сокращении объема водоохраных мероприятий ведет к увеличению загрязнения поверхностных вод. Загрязненные водные объекты становятся непригодными для питьевого, а часто и технического водоснабжения, теряют рыбохозяйственное значение и становятся малопригодными для нужд сельского хозяйства.

Характер поведения, объем и концентрация загрязняющих компонентов в поверхностных водах определяются: производительностью источников загрязнения; способами загрязнения (сточные воды, в том числе бытовые, производственные, дождевые и талые, сельскохозяйственные сточные воды; аварийные смывы и утечки);

рассеиванием (растворением) загрязняющих компонентов в воде; аккумуляцией загрязнителей в водных средах и их химической стойкостью.

Анализ статистических данных о масштабах загрязнения водных объектов в РФ показал, что объем нормативно очищенных сточных вод составляет только 11% от объема сточных вод, требующих очистки (рис. 1).

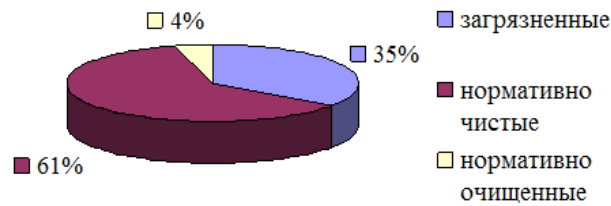


Рис. 1. Соотношение категорий сточных вод, сброшенных в РФ в 2005 г.

Основываясь на данных статистических отчетов, составлены карты-схемы объемов сбросов сточных вод и объемов сбросов загрязненных сточных вод в поверхностные воды по субъектам РФ (рис. 2).

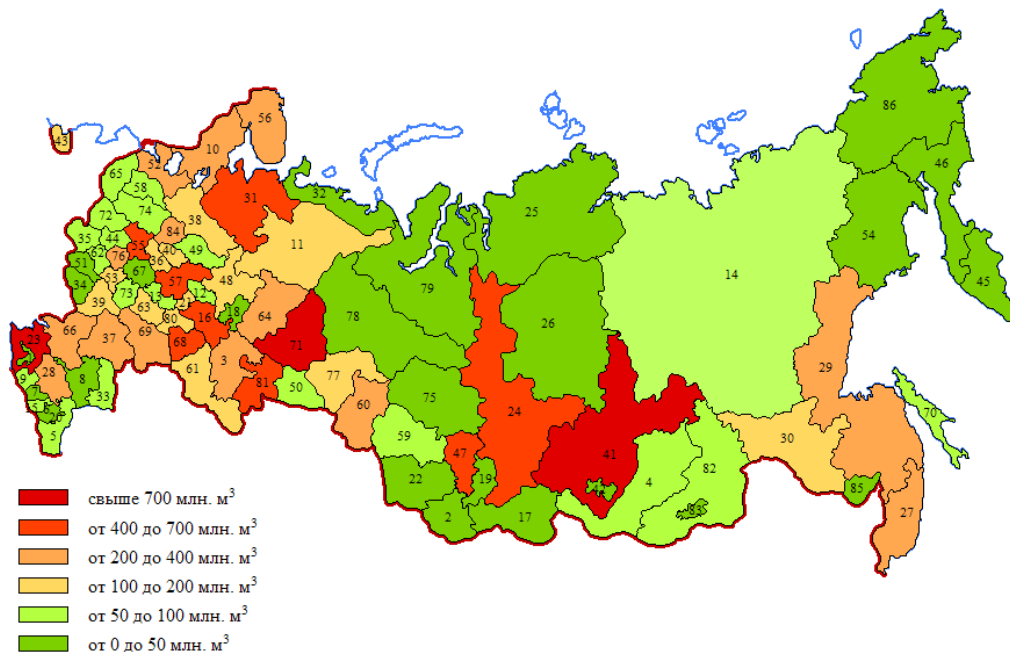


Рис. 2. Карта-схема объемов сброса загрязненных сточных вод в поверхностные воды по субъектам РФ, масштаб 1:35000000

Анализ статистических данных о масштабах загрязнения водных объектов в РФ показал, что наибольшему прессингу загрязнения подвергаются воды: рек Обь (с концентрацией соединений меди до 850 ПДК, соединений цинка до 83,1 ПДК, соеди-

нений железа до 47 ПДК, нефтепродуктов до 49,6 ПДК, азота нитритного до 6,8 ПДК) и Северная Двина (с концентрацией азота аммонийного до 15 ПДК, легкоокисляемых органических веществ до 66 ПДК, и зарегистрированной 19 июля 2005 г. концентрацией ртути до 156 ПДК); водохранилищ Саяно-Шушенского и Красноярского (с концентрацией соединений железа до 15,7 ПДК, соединений цинка до 26,2 ПДК, нефтепродуктов до 13,6 ПДК), а также Куйбышевского водохранилища (с концентрацией соединений меди до 12,2 ПДК, азота нитритного до 6,9 ПДК, фенолов до 4 ПДК).

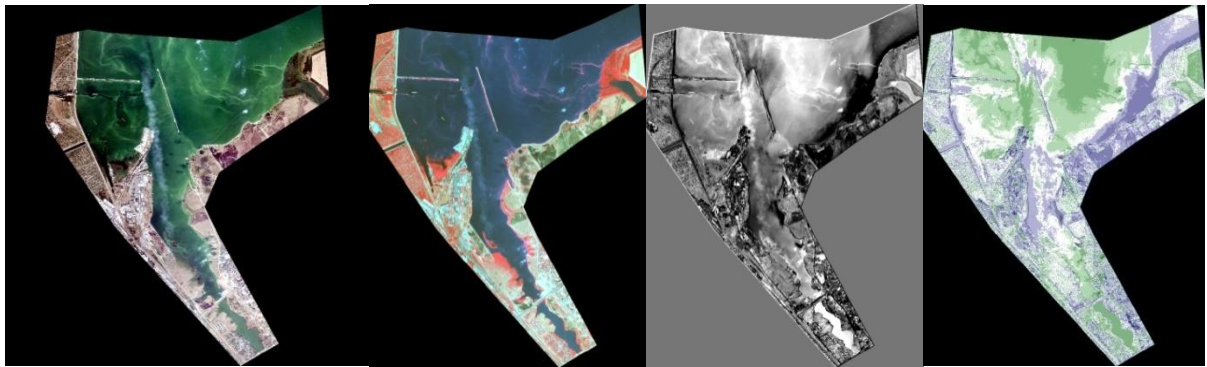
Изучение масштабов загрязнения поверхностных вод РФ подтверждает тенденцию роста загрязненности водных объектов РФ.

Существующая система точечного контроля качества водных сред не позволяет в современных условиях достаточно оперативно и масштабно решать задачи по идентификации и контролю зон хронического загрязнения водных бассейнов на больших территориях. При этом современные методы контроля состояния водных сред выявляют качество вод в местах непосредственного их загрязнения, что не дает возможности оценить воздействие загрязняющих веществ на здоровье населения и окружающую среду в зонах распространения загрязнения.

Масштабное расширение задач по оценке состояния окружающей среды требует разработки новых методик, позволяющих на современном уровне технических решений оценивать масштабы загрязнения окружающей среды и выявлять степень влияния данного загрязнения на здоровье и качество жизни населения.

Методика оценки экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования, предложенная Мазуровой В. Е. и рассмотренная на примере Цимлянского водохранилища, показала ее достаточно высокую корректность по результатам расчетов.

Путем обработки космических снимков территории Цимлянского водохранилища, полученных за разные годы, выявлены участки увеличения автотрофного загрязнения водоема (рис. 5). Пример исходного снимка представлен на рис. 5-А.



А Б В Г
Рис. 5. Обработка снимков юго-западной части Цимлянского водохранилища

Полученные в результате обработки изображения классифицировались, результат классификации изображения представлен на рис. Г. В представленном спектральном диапазоне, а это видимый зеленый, наиболее четко определяется состояние растительности. Участки снимка, обозначенные оттенками сиреневого цвета, представляют собой те участки Цимлянского водохранилища, на которых за рассматриваемые годы увеличилось количество сине-зеленых водорослей, возбудителей «цветения» воды.

Выявленные в результате дешифрирования космических снимков участки водохранилища в районе г.Волгодонска с наибольшей антропогенной нагрузкой совпали с местонахождением водостоков ливневой канализации. Построенная карта-схема зон распространения поллютантов Цимлянского водохранилища позволила выделить участки водохранилища с наибольшей антропогенной нагрузкой, обозначенные красным цветом, и далее при уменьшении загрязнения – желтым и зеленым цветом. Участки с наиболее чистой водой обозначены сиреневым цветом. Выявленные при помощи данных дистанционного зондирования участки повышенного загрязнения вод приходится на местонахождения водостоков ливневой канализации г. Волгодонска.

Выявлено, что приоритетными загрязняющими веществами Цимлянского водохранилища являются сульфаты и марганец.

Реализация эффекта токсического действия поллютантов в водоеме наиболее вероятна в летние месяцы года в районе прибрежной зоны балки Сухосоленой г. Волгодонска.

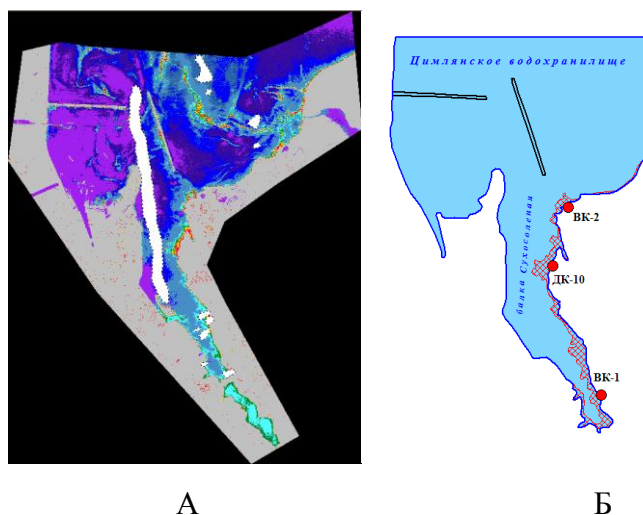


Рис. 6. А - космический снимок; Б - карта-схема зон распространения загрязнителей

Полученные данные подтверждаются результатами биомониторинга водохранилища, проводимого ФГУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища».

Выводы по Главе 2:

Проблема загрязнения водных ресурсов в РФ стоит чрезвычайно остро, поэтому выбранная тема исследования весьма актуальна. Возрастающая техногенная нагрузка на водосборные территории при сокращении объема водоохраных мероприятий ведет к увеличению загрязнения поверхностных вод. Загрязненные водные объекты становятся непригодными для питьевого, а часто и технического водоснабжения, теряют рыбохозяйственное значение и становятся малопригодными для нужд сельского хозяйства.

Выявлено, что приоритетными загрязняющими веществами Цимлянского водохранилища являются сульфаты и марганец.

Реализация эффекта токсического действия загрязнителей в водоеме наиболее вероятна в летние месяцы года в районе прибрежной зоны балки Сухоосенной г. Волгодонска.

Полученные данные подтверждаются результатами биомониторинга водохранилища, проводимого ФГУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища».

Глава 3. Современные экологические проблемы цимлянского водохранилища, проявляющиеся в эвтрофировании и токсичность сине-зелёных водорослей

В народно-хозяйственном использовании Цимлянского водохранилища - крупнейшего на юге России, существует ряд серьезных проблем, обусловленных особенностями хода внутриводоемных процессов в водной экосистеме в условиях антропогенных нагрузок.

Специалисты Южного отдела ИВП РАН ФГБУ ГХИ в течение последних десятилетий активно проводят исследования эколого-токсикологического состояния Цимлянского водохранилища и внутриводоемных процессов, определяющих формирование качества воды и водных ресурсов .

Результаты исследований показывают, что эти проблемы обусловлены такими процессами как загрязнение, эвтрофирование, «цветение» воды и ее токсичность в связи с интенсивным развитием синезеленых водорослей.

В работе представлены наиболее важные характеристики этих процессов, полученные в результате анализа материалов государственного мониторинга Росгидромета и результатов экспедиционных исследований ИВП РАН.

***Эвтрофирование** – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов.*

***Цветение воды** – массовое развитие фитопланктона, вызывающее изменение окраски воды.*

Цимлянское водохранилище представляет собой водоем руслового типа, вытянутый с северо-востока на юго-запад - верхний, речной участок, центральный – глубоководный участок (от х. Ильмень-Суворовский до х. Кривской) и приплотинный участок (г.Цимлянск, Волгодонск, ст.Жуковская). 8 пунктов (15 вертикалей) режимных наблюдений Росгидромета.

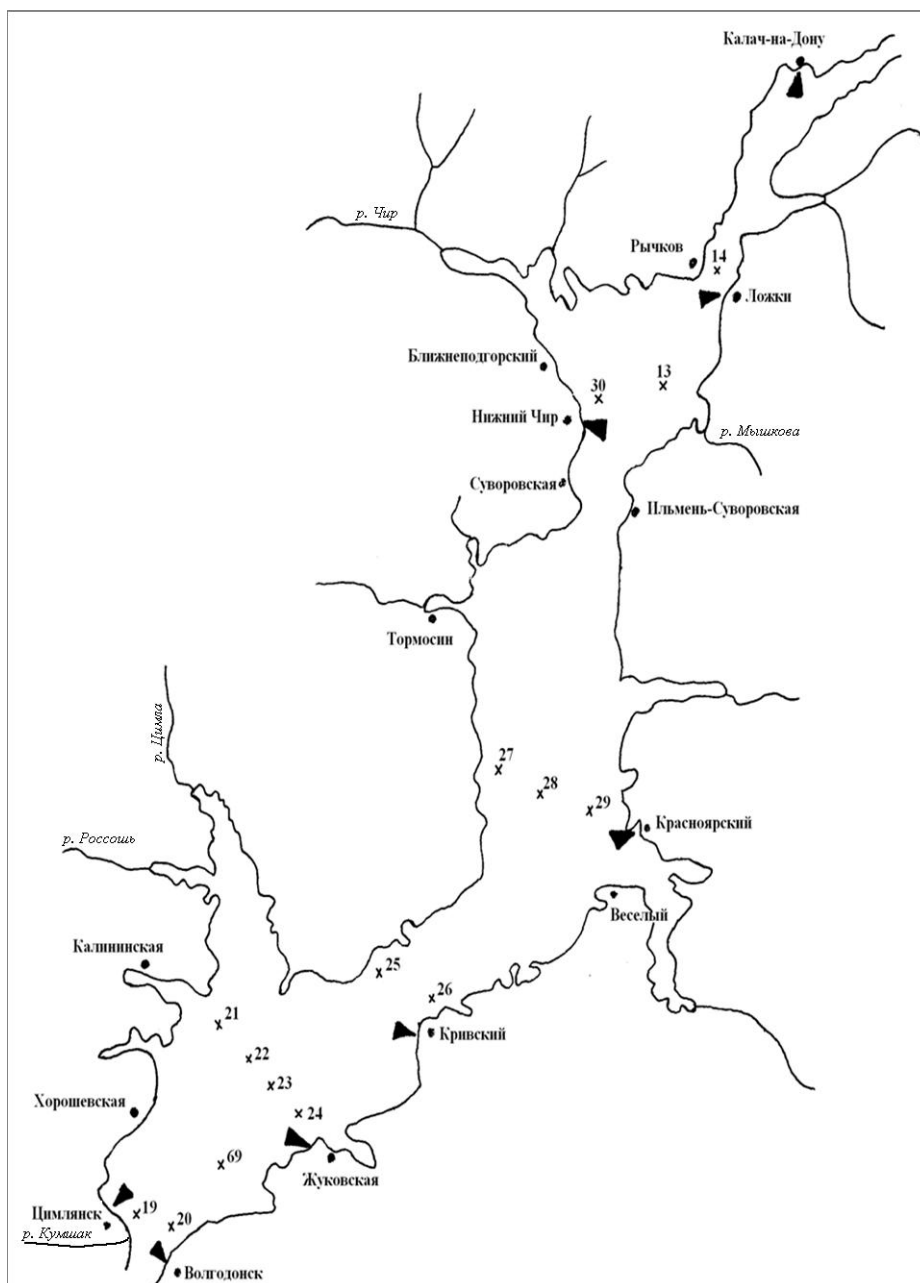


Рис. – Карта -схема расположения пунктов и вертикалей наблюдений Росгидромета на Цимлянском водохранилище

Морфометрические характеристики Цимлянского водохранилища на порядки превышают таковые других водохранилищ бассейна Нижнего Дона.

Длина его 186 км (по большой оси – 360 км), береговой линии 660 км. Средняя ширина 15 км, площадь водного зеркала – 2702 км. Полный объем в настоящее время составляет 23860 млн м³

3.1 Загрязненность воды Цимлянского водохранилища

По загрязненности вода на разных участках водохранилища длительное время оценивалась по УКИЗВ как «загрязненная» или даже «очень загрязненная» из-за зна-

чительного превышения ПДК характерных загрязняющих веществ: биогенных соединений, нефтепродуктов, металлов, легко окисляемых органических веществ, а в отдельные годы – токсичных и стойких ХОП [Ежегодники качества воды РФ].

С середины 90-х гг. уровень загрязненности отдельными компонентами по участкам начал снижаться. В настоящее время качество воды по УКИЗВ в основном соответствует воде «умеренно-загрязненной» (3 класс), а в районе Ростовской АЭС и на нижнем участке у пруда-охладителя даже «чистой» (2 класс). Тем не менее, загрязнение носит устойчивый характер: превышение ПДК ежегодно наблюдается в 38-100 % отобранных проб воды.

Выделены наиболее «напряженные» по химическому загрязнению воды участки на сегодняшний день: верхний, у г. Калач-на-Дону (особенно загрязнен соединениями меди, марганца), приплотинный, севернее г. Волгодонск и у х. Красноярский (загрязнены комплексом ЗВ), устья притоков – рек Кумшак, Россошь, Мышкова (загрязнены комплексом ЗВ).

Биогенные элементы вносят существенный вклад в загрязнение Цимлянского водохранилища. Регулярно наблюдаются высокие концентрации различных форм азота и фосфора, регистрируются случаи высокого загрязнения: так, в 2003 г у х.Красноярский концентрации нитритного азота превышали ПДК в среднем в 8 раз при максимуме в 39 раз. Максимальные концентрации минерального азота наблюдаются в речной части, минимальные в приплотинной.

По сравнению с другими водохранилищами России (Братское, Чудско-Псковское, Рыбинское и др.) в Цимлянском отмечены наиболее высокие значения концентраций нитритного азота, а по запасам минерального фосфора оно превосходит все остальные водохранилища РФ. [Пресноводные экосистемы]

В период с 2005 по 2009 гг наметилась тенденция повышения концентраций всех минеральных форм азота по сравнению с периодом 1984 -1991 гг., что наиболее заметно для аммонийной и нитратной форм [Хоружая Т.А., Флик Е.А., , 2011]. Таким образом, происходит обогащение биогенными веществами водной экосистемы Цимлянского водохранилища.

Пункт наблюдений	N_4^+	NO_2^-	NO_3^-	$N_{орг}$	n
с.Ложки	0,13	0,016	0,44	1,14	11
пгт.Нижний Чир	0,14	0,011	0,33	1,47	11
х.Красноярский	0,1	0,011	0,32	1,58	22
ст.Жуковская	0,07	0,008	0,26	1,56	34
г.Волгодонск	0,11	0,007	0,14	1,30	20
Диапазон колебаний	0,07-0,14	0,007-0,016	0,14-0,44	1,14-1,58	11-34
*n –число первичных данных для расчета медиан					

По сравнению с другими водохранилищами России (Братское, Чудско-Псковское, Рыбинское и др.) в Цимлянском отмечены наиболее высокие значения концентраций нитритного азота, а по запасам минерального фосфора оно превосходит все остальные водохранилища РФ

Как показали наши расчеты, в период с 2005 по 2009 гг наметилась тенденция повышения концентраций всех минеральных форм азота по сравнению с периодом 1984 -1991 гг., что наиболее заметно для аммонийной и нитратной форм [Хоружая Т.А., Флик Е.А., , 2011]. Таким образом, происходит обогащение биогенными веществами водной экосистемы Цимлянского водохранилища.

Считается, что структура альгоценозов зависит не только от содержания биогенных веществ, но и от соотношения элементов, прежде всего азота и фосфора [Булгаков Н.Г, Левич А.П.].

Исследования Южного отдела ИВП РАН и ФГБУ ГХИ показывают, что концентрации и соотношения азота и фосфора значительно различаются по акватории Цимлянского водохранилища [Хоружая Т.А., Мартышева Н.А., Флик Е.А.]. Максимальные значения N/P (порядка 20:1, оптимум для сине-зеленых) зарегистрированы в центральной и приплотинной частях Цимлянского водохранилища. По данным гидробиологического анализа именно здесь наблюдались наиболее высокие величины биомасс фитопланктона; в отдельные годы они были экстремальными - до 578,45 и 896,8 мг/л (у х. Красноярский и ст.Жуковская).

В верхней речной части водохранилища и на приплотинном участке величины биомасс были меньше.

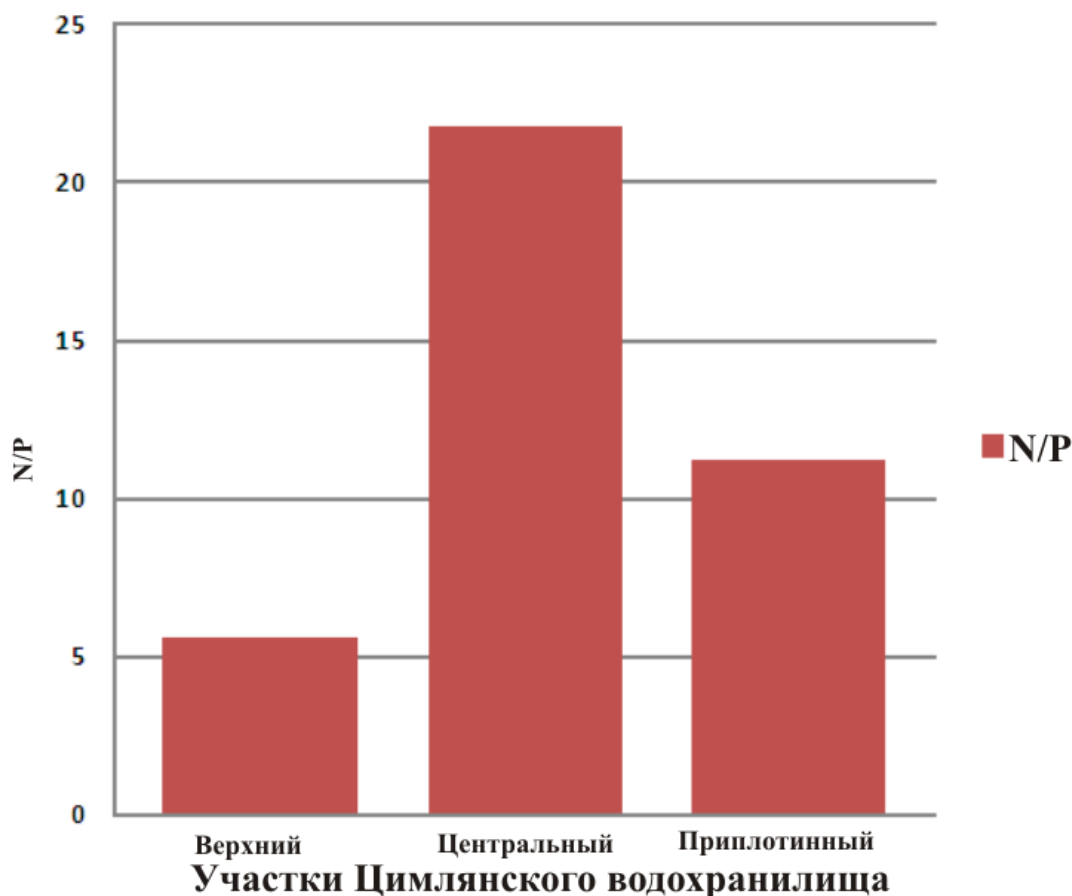


Рис 2. Отношение N/P на участках Цимлянского водохранилища

«Цветение» воды и трофность Цимлянского водохранилища. Опасность «цветения» Цимлы

Хорошая обеспеченность биогенными элементами при высоких температурах воды и воздуха и достаточной освещенности (характерных для южных водоемов России) приводят в Цимлянском водохранилище к “цветению” воды вследствие интенсивного развития фитопланктона.

Медианные и средние величины биомасс в период регулярных наблюдений Росгидромета в 1984-1991 гг. составляли по акватории от 2,36-8,33 мг/л и 4,42-22,98 соответственно.

Согласно сложившимся представлениям [Пресноводные экосистемы..], величины биомасс соответствуют «сильному» цветению, а сам водоем является гипертрофным.

В настоящее время регулярные гидробиологические наблюдения на Цимлянском водохранилище, мониторинг эвтрофирования в рамках государственного мониторинга Росгидромета не проводятся. Это, на наш взгляд, - серьезный пробел в экологической политике региона.

Многочисленные данные литературы свидетельствуют о том, что рост трофности водоемов, антропогенное эвтрофирование, приводящие к интенсивному «цветению» воды, бурному развитию фитопланктона, происходят повсеместно, во всех водоемах Мира.

Сообщество фитопланктона представлено диатомовыми, зелеными, синезелеными, пиррофитовыми, эвгленовыми, золотистыми водорослями.

Большинство развивающихся в Цимлянском водохранилище синезеленых: *A. flos-aquae*, *M. aeruginosa*, *O. limnetica*, *Anabaena flos-aquae* - относятся к «токсичным». Они составляют в среднем 50% от общей численности, а в период максимального развития фитопланктона достигают 100% при биомассах почти до 1000 мг/л (Рис.3).

Необходимо тем не менее подчеркнуть, что присутствие перечисленных «токсичных» видов еще не может указывать на их ответственность за токсические свойства воды, так как даже в пределах одного вида, известного как «токсичный», могут быть штаммы, не способные синтезировать токсины (микроцистин) [Кожевников и др.].

В настоящее время массовое развитие сине-зеленых в водоемах приобрело глобальный характер, а «токсичные» виды сине-зеленых встречаются практически во всех странах мира: Ирландии, Финляндии, Норвегии, Дании, Франции, Германии, Италии, Греции, Египте, Иране, Израиле, Китае, Канаде, США. Они распространены повсеместно и обитают как в пресных, так и в морских водах. Токсины находятся в клетках сине-зеленых и после их разрушения выходят в воду. Они весьма устойчивы и не разрушаются при хлорировании воды, сохраняются в сухих клетках.

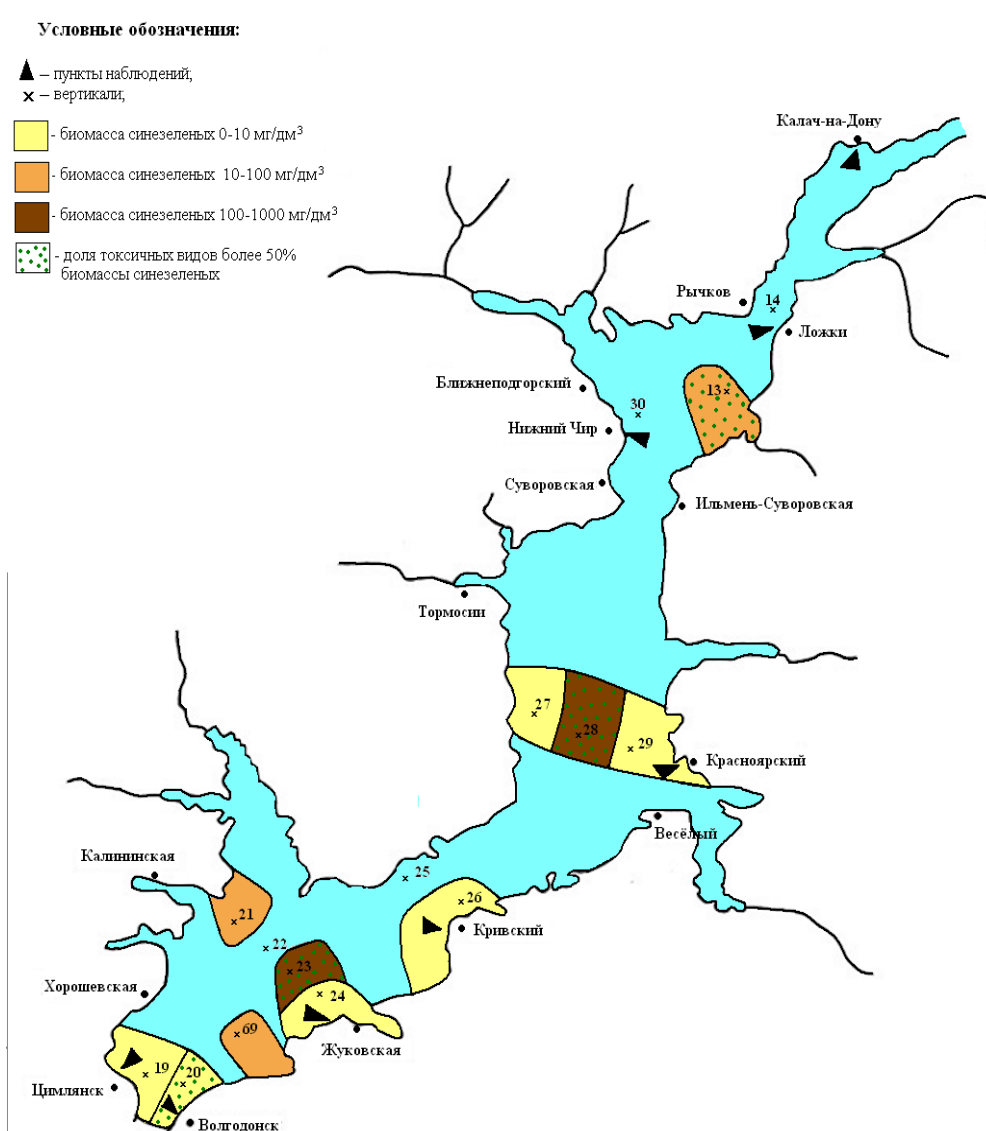


Рис.3. Токсичные виды сине-зеленых водорослей Цимлянского водохранилища

- В многочисленных исследованиях установлено, что токсины сине-зеленых водорослей имеют большое значение для формирования качества воды и нормального функционирования водной экосистемы. они оказывают негативное влияние на гидробионтов: простейших, беспозвоночных и рыб. Убедительны данные Института Гидробиологии Украины о том, что водоросль *Microcystis aeruginosa* очень токсична для дафний, циклопов и коловраток, а *Aphanizomenon flos-aquae* менее токсична [Сиренко Л.А. и др.]. Известно, что лишь незначительное число видов устойчивы к токсинам сине-зеленых водорослей, они почти не используются для питания, а при «цветении» многие зоопланктеры, избегая их, уходят в другие слои воды. Возможно, образование токсичных экзометаболитов является адаптационным механизмом, и именно ал-

лелопатические эффекты служат причиной захвата сине-зелеными большого ареала обитания и доминирования в сообществе фитопланктона. В связи с глобализацией проблемы «токсичности» сине-зеленых, ее важностью для населения и сохранения водных ресурсов с 90-х годов прошлого столетия ВОЗ, в сотрудничестве с UNESCO, UNEP и Всемирной Метеорологической Организацией поддерживает научные исследования этого направления. В некоторых странах (США, Австралия, Канада и др.) уже введены и используются в водоохранном законодательстве нормативы содержания микроцистина и других токсинов сине-зеленых в воде. В Англии, Финляндии, Норвегии рассматривают «цветение» токсичными видами водорослей озер как национальную проблему. Здесь созданы специальные центры для их изучения и контроля. К сожалению, в России проблеме токсичности водорослей уделяется пока недостаточно внимания. Кроме токсинов водорослей в воде могут находиться антропогенные загрязняющие вещества, опасные для биоты. Возможности методологии биотестирования на гидробионтах позволяют исследовать интегральную токсичность воды и донных отложений без идентификации химического состава загрязнения. Впервые биотестирование воды Цимлянского водохранилища было проведено нами еще в 1990 г на дафниях. Пробы воды отбирали с вертолета на 13 точках по акватории водохранилища. Результаты представлены на следующем слайде. Токсические свойства воды при биотестировании регистрируются и в ходе мониторинга, осуществляемого Управлением водными ресурсами Цимлянского водохранилища. В частности, в 2003 г «умеренная токсичность» обнаружена в воде в районе пгт. Нижний Чир, х. Красноярский, г.Волгодонск, а также в притоках – реках Мышкова, Кумшак [по материалам Докладов о состоянии окружающей среды РО].

Таким образом, очевидно, что токсичность воды к настоящему времени возросла. Необходимо подчеркнуть, что этот факт вступает в определенные противоречия с временной тенденцией снижения общего уровня химического загрязнения воды водохранилища. Это еще раз заставляет искать причины токсичности воды и донных отложений в развитии сине-зеленых. Возможно, что в ходе государственного мониторинга не все опасные и токсичные компоненты анализируются.

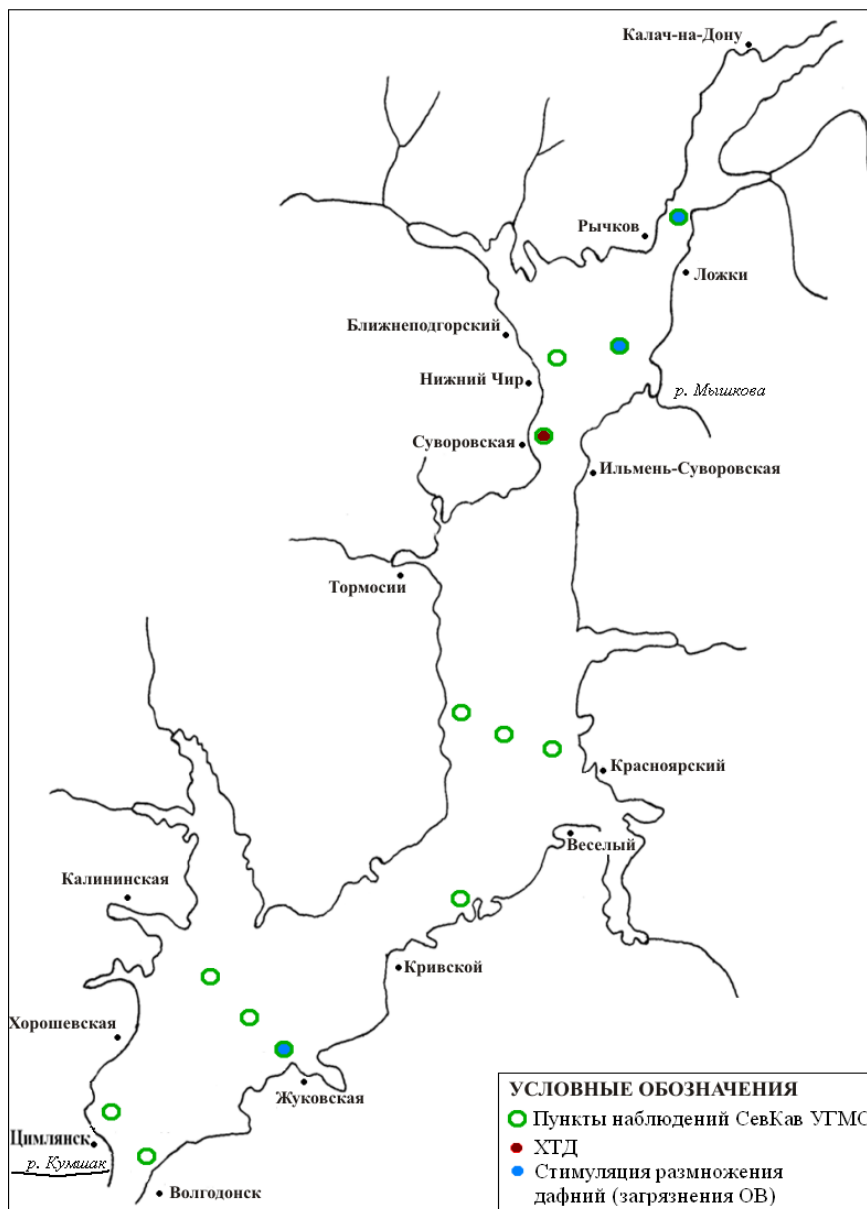


Рис.4. Токсичность воды Цимлянского водохранилища при биотестировании:
в 1990 г

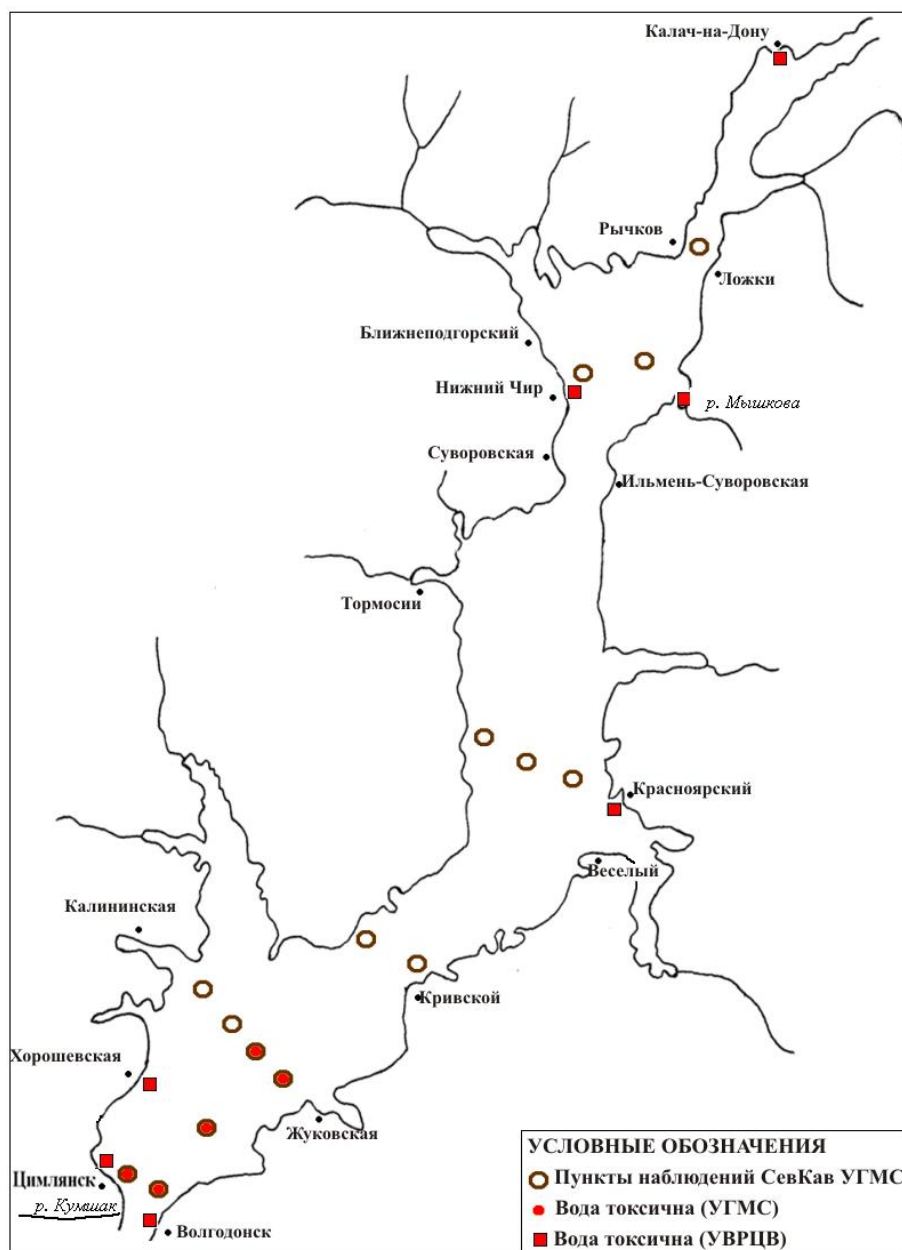


Рис.4. Токсичность воды Цимлянского водохранилища при биотестировании: в 2006-2012 гг.

Состояние экосистемы Цимлянского водохранилища характеризуется высоким уровнем концентраций биогенных элементов и его ростом, что способствует интенсивному развитию фитопланктона и «сильному «цветению» воды. При этом наблюдаемое соотношение азота и фосфора (порядка 20:1) благоприятно для развития сине-зеленых водорослей, доминирующих в сообществе фитопланктона.

Сине-зеленые (и диатомовые весной) служат основными продуцентами органического вещества Цимлянского водохранилища, разложение которого приводит к

дополнительному обогащению экосистемы биогенными элементами и эвтрофикации. Если учесть способность сине-зеленых использовать азот атмосферы, то их негативная роль в эволюции водохранилища становится еще более очевидной.

В фитопланктоне регулярно преобладают виды сине-зеленых, которые известны как «токсичные»: образующие и выделяющие в воду токсины.

При биотестировании пробы воды и донных отложений в ряде случаев оказывали в настоящее время на гидробионтов токсическое действие, чего в 90-е годы не отмечалось. По всей вероятности, токсичность воды и ее рост со временем обусловлены токсинами водорослей, а не загрязнением химическими веществами, обнаруживаемыми в ходе мониторинга (уровень загрязнения в настоящее время снизился, а токсичность воды растет).

Таким образом, сине-зеленые водоросли играют ключевую роль в эвтрофикации, «цветении» воды Цимлянского водохранилища и, вероятно, приводят к токсификации водной экосистемы.

Выводы по Главе 3:

В народно-хозяйственном использовании Цимлянского водохранилища - крупнейшего на юге России, существует ряд серьезных проблем, обусловленных особенностями хода внутриводоемных процессов в водной экосистеме в условиях антропогенных нагрузок.

Цимлянское водохранилище представляет собой водоем руслового типа, вытянутый с северо-востока на юго-запад - верхний, речной участок, центральный - глубоководный участок (от х. Ильмень-Суворовский до х. Кривской) и приплотинный участок (г.Цимлянск, Волгодонск, ст.Жуковская). 8 пунктов (15 вертикалей) режимных наблюдений Росгидромета.

В настоящее время качество воды по УКИЗВ в основном соответствует воде «умеренно-загрязненной» (3 класс), а в районе Ростовской АЭС и на нижнем участке у пруда-охладителя даже «чистой» (2 класс). Тем не менее, загрязнение носит устойчивый характер: превышение ПДК ежегодно наблюдается в 38-100 % отобранных проб воды.

Выделены наиболее «напряженные» по химическому загрязнению воды участки на сегодняшний день: верхний, у г. Калач-на-Дону (особенно загрязнен соединениями меди, марганца), приплотинный, севернее г. Волгодонск и у х. Красноярский (загрязнены комплексом ЗВ), устья притоков – рек Кумшак, Россошь, Мышкова (загрязнены комплексом ЗВ).

Исследования Южного отдела ИВП РАН и ФГБУ ГХИ показывают, что концентрации и соотношения азота и фосфора значительно различаются по акватории Цимлянского водохранилища. Максимальные значения N/P (порядка 20:1, оптимум для сине-зеленых) зарегистрированы в центральной и приплотинной частях Цимлянского водохранилища. По данным гидробиологического анализа именно здесь наблюдались наиболее высокие величины биомасс фитопланктона; в отдельные годы они были экстремальными - до 578,45 и 896,8 мг/л (у х. Красноярский и ст. Жуковская).

Хорошая обеспеченность биогенными элементами при высоких температурах воды и воздуха и достаточной освещенности (характерных для южных водоемов России) приводят в Цимлянском водохранилище к «цветению» воды вследствие интенсивного развития фитопланктона.

В настоящее время массовое развитие сине-зеленых в водоемах приобрело глобальный характер, а «токсичные» виды сине-зеленых встречаются практически во всех странах мира: Ирландии, Финляндии, Норвегии, Дании, Франции, Германии, Италии, Греции, Египте, Иране, Израиле, Китае, Канаде, США. Они распространены повсеместно и обитают как в пресных, так и в морских водах. Токсины находятся в клетках сине-зеленых и после их разрушения выходят в воду. Они весьма устойчивы и не разрушаются при хлорировании воды, сохраняются в сухих клетках.

Токсичность воды в водохранилище к настоящему времени возросла, что вступает в определенные противоречия с временной тенденцией снижения общего уровня химического загрязнения воды водохранилища. Это еще раз заставляет искать причины токсичности воды и донных отложений в развитии сине-зеленых.

Таким образом, сине-зеленые водоросли играют ключевую роль в эвтрофикации, «цветении» воды Цимлянского водохранилища и, вероятно, приводят к токсификации водной экосистемы.

Заключение

В результате проделанной работы, поставленная цель достигнута, решены все задачи, что позволило сделать следующие выводы:

Цимлянское водохранилище на Дону — одно из самых южных в России. В длину степное Цимлянское море протянулось почти на 300 километров, а в ширину местами достигает 38 километров. В отдельных местах глубина моря 25 метров — это почти столько же, сколько в природном Азовском море. С апреля до декабря по нему ходят суда, но осенью речникам досаждают штормы, от которых они спасаются в специально устроенных укрытиях (их на море около десяти). Водоохранилище вмещает 12,6 миллиарда кубометров воды, которая работает в турбинах гидроэлектростанции и питает Волго-Донской канал. Плотина, перегородившая Дон, защитила низовья реки от весенних половодий.

Наполнение Цимлянского водохранилища происходит в основном за счет стока талых вод весеннего половодья с территории бассейна, расположенного выше г. Калач, а также за счет приточности по рекам: Карповка, Донская Царица, Мышковка, Чир, Аксай Есауловский, Аксай Курмоярский и Цимла. Суммарный среднегодовой сток боковых притоков водохранилища (составляет 1,1 куб. км) не превышает 5% от общего притока и снижается в маловодные годы до 0,2 куб. км. Внутригодовое распределение стока характеризуется крайней неравномерностью. Доля стока весеннего половодья (3-5 месяцев) — составляет от 70 до 90%, сток летне-осенней и зимней межени колеблется от 10 до 30%.

Период летне-осенней и зимней межени отличается более или менее равномерной водностью: доля летне-осенней межени составляет порядка 13% от годового стока.

Представленные данные позволяют заключить, что «цветение» Цимлянского водохранилища представляет опасность прежде всего из-за интенсивного развития сине-зеленых водорослей, среди которых роль «токсичных» видов весьма велика. Такие виды водорослей часто встречаются в Цимлянском водохранилище и в отдельные годы составляют до 98% биомассы сине-зеленых. Опасности подвергается водная экосистема водохранилища в целом, токсикофикация которой очевидна (что под-

тверждается результатами биотестирования, свидетельствующими о токсичности воды и донных отложений на ряде участков водохранилища в 2006-2007 гг.). Из-за использования воды для питьевого водоснабжения угроза касается и населения. Следует подчеркнуть, что проблема токсичности сине-зеленых в питьевом и рекреационном водопользовании признана Всемирной организацией здравоохранения приоритетной, во многих странах разработаны нормативы (ПДК) на содержание микроцистина, разработаны программы мониторинга «токсичного цветения», установлены мероприятия по предупреждению неблагоприятного воздействия на здоровье населения. В нашей стране этой проблеме уделяется недостаточно внимания, а научные исследования по токсичности массовых видов водорослей при «цветении», единичны [2,5,6].

Как бороться с «цветением» и с сине-зелеными ? Результаты таких работ применительно к крупным водохранилищам, в том числе к Цимле, пока неопределенны. Недостатком государственного мониторинга загрязнения и состояния Цимлянского водохранилища является отсутствие соответствующих систем контроля этих процессов. Однако в самом срочном порядке необходимо:

- осуществить возведение очистных сооружений на участках нерегулируемого сброса сточных вод в районах местонахождения водостоков ливневой канализации г. Волгодонска;
- ввести ограничение использования населением выявленных зон водного объекта, загрязненных поллютантами;
- ужесточить меры надзора за состоянием санитарной зоны водоема.

Список литературы

1. Н.Г.Булгаков, Левич А.П. Биогенные элементы в среде и фитопланктон: соотношение азота и фосфора как самостоятельный фактор регулирования структуры альгоценоза/ Успехи современной биологии. 1995, Т 15, вып.1.- С.13-23.
2. Пресноводные экосистемы в условиях антропогенного эвтрофирования//Гидрохимические материалы. Т.СХ1У. СПб, Гидрометеиздат, 1999. – 265 с.
3. Кожевников И.В., Кожевникова Н.А., Скоробогатько Н.Е. Изучение потенциальной микроцистин-токсичности сине-зеленых водорослей Красноярского водохранилища/Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии посв.памяти Флерова Б.А. «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы». Ч. 3. Борок, 11-16 ноября 2008 г. - Борок, ООО «Ярославский печатный двор», 2008.- С. 47-51.
4. Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. Киев: Наукова думка, 1988.-256 с.
5. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Минина Л.И., Мартышева Н.А. Опасность «цветения» Цимлянского водохранилища/Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2011/2 (38) № 28. С. 70-74.
6. Хоружая Т.А., Мартышева Н.А., Флик Е.А. Тенденции многолетних изменений концентраций биогенных элементов в Цимлянском водохранилище. Сборник статей международной научной конференции «Современное состояние водных биоресурсов и экосистем морских и пресных вод России: проблемы и пути решения». Материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Г.В. Никольского - г. Ростов-на-Дону, 20-23 сентября 2010 г. ФГУП АзНИИРХ, 2010, С.220-223.
7. Хоружая Т.А., Флик Е.А. Пространственно-временные характеристики распределения соединений азота в Цимлянском водохранилище/ /Вода: химия и экология. 2011, №10, С 9-13.

8. Хоружая Т.А., Мартышева Н.А. К проблеме токсичности природных популяций синезеленых водорослей/ Материалы конференции «Современные проблемы водной токсикологии». Петрозаводск 17-19 мая 2011 г. И-во ПГУ, 2011.- С 174-177.
9. Хоружая Т.А., Мартышева Н.А. Возможное влияние фитоценозов Цимлянского водохранилища на токсичность воды / Материалы 1У Всероссийской конф. по водной экотоксикологии, посв.памяти Б.А.Флерова «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы». Ч.2. (Борок, 24-29 сентября 2011 г).- Борок, 2011.- С.98-100.
10. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Мартышева Н.А. Современные характеристики и тенденции многолетних изменений эколого-токсикологического состояния Цимлянского водохранилища// Метеорология и гидрология, 2012. №4. С. 75-85.
11. Т.Хоружая, Е.Коханистая. Токсичность и токсическое загрязнение воды рек - реальность сегодня. Тематический сборник. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012 .-141 с.
12. Константинов А.С. Общая гидробиология, М.: Высшая школа, 1986 .- 472 с.
13. А.М.Никаноров, В.А.Брызгалю. «Пресноводные экосистемы в условиях антропогенного эвтрофирования, СПб., Гидрометеиздат, 1999.- 266 с.
14. Пряхин Е.А., Тряпицына Г.А., Ячменев В.А. и др. Оценка токсических свойств цианобактерий Шершневого водохранилища Челябинской области// Гигиена и санитария, 2008, №1.- С 73-75.
15. Бугаева В.Е. (Мазурова В.Е.), Методологические подходы к оценке экологического риска, обусловленные загрязнением водных сред, Известия ВУЗов, Геодезия и Аэрофотосъемка №6, Москва, 2007. – с. 11 – 16.
16. Мазурова В.Е., Методика определения приоритетных поллютантов водных сред, Известия ВУЗов, Геодезия и Аэрофотосъемка №6, Москва, 2008. – с. 21 – 23.
17. Бугаева В.Е. (Мазурова В.Е.), Проблемы оценки экологического риска, обусловленного загрязнением водных сред, Сборник научных трудов XI Межвузовского научно-практического семинара-конкурса студентов, аспирантов и

- молодых ученых Московского региона «Экология и рациональное природопользование Московского региона», Москва, 2007. – с. 24 – 30.
18. Мазурова В.Е., Определение приоритетных для исследования загрязнителей поверхностных вод на примере бассейна реки Дон, «Экологические аспекты сохранения исторического и природно-культурного наследия» Всероссийская научно-практическая конференция, Волгоград, 2008. – с. 180 – 182.
19. Мазурова В.Е., Совершенствование методики определения приоритетных поллютантов водных сред, «Инновационные технологии в экологии» сборник научных трудов XII Межвузовского научно-практического семинара-конкурса студентов, аспирантов и молодых ученых Московского региона, Москва, 2008. – с. 112 – 116.
20. Тихонова И.В. Белых О.И. и др. Анализ цианобактерий озера Байкал и Усть-Илимского водохранилища на наличие гена синетеза микроцистина. // Доклады АН, 2006, Т.409(3). -С.1-3.
21. Сапунов В.Б. и др. Три составляющих процесса эвтрофикации: динамика биогенов, биомассы и биоразнообразия. Прогноз и управление // Экологическая химия, 2009, №.18, С.46-54.
22. Сиренко Л.А. Физиологические основы размножения синезеленых водорослей в водохранилищах. Киев: Наукова думка, 1972.-203 с.
23. Цыба Н.П., Позднякова А.Н., Семенов А.Д. О продуцировании и деструкции органического вещества в Цимлянском водохранилище // Гидрохимические материалы. 1975, № 64.- С. 127-136.
24. Pranita Jaiswal, Pawan Kumar Singh, and Radha Prasanna. Cyanobacterial bioactive molecules — an overview of their toxic properties // J. Microbiol. Vol. 54, 2008.- P.701-717.
25. Toxic Cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences. Monitoring and management. WHO 1999.
26. Россолимо Л.А. Проблема антропогенного евтрофирования озер и пути ее решения. // Изв. АН СССР. Сер. география 1971. - №1. - С. 35-45.

27. Лапицкий И.И. Направленное формирование ихтиофауны и управление численностью популяций рыб в Цимлянском водохранилище. — Волгоград: Нижне-Волжское изд., 1970. С. 280.
28. Мирошниченко М.П. Трофическая структура биоценозов бентоса Цимлянского водохранилища// Гидробиол. журн. 1984. - Т. XX, №2. -С. 28-36.
29. Баранов И.Б. Гидрохимический режим Цимлянского водохранилища // Изв. НИИ озерного и речного рыбного хозяйства. 1954. -334.-С. 9-61.
30. Горюнова С.В. Прижизненное выделение летучих веществ в окружающую среду синезеленой водорослью *Oscillatoria*// ДАН СССР. 1947. -Т. XIV, №2.-С. 126.
31. Топачевский А.В., Брагинский Л.П., Сиренко Л.А. Массовое развитие синезеленых водорослей как фактор самозагрязнения и самоочищения водохранилищ// Тезисы докл. Междунар. конф. по лимфол. изучению Дуная, 4-14 сент. 1967 г. Киев, 1967. - С. 99-91.
32. Якушева А.С. Гидрохимическая характеристика Цимлянского водохранилища.// Цимлянское, водораздельное и Манычские водохранилища. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977.-С. 106-132.
33. Леви А.П. Экологические подходы к регулированию типов цветения эвтрофных водоемов// Доклады академии наук. 1995. - Т. 341, №1.
34. Голубова Н.В. Тяжелые металлы в Цимлянском водохранилище: Автореф. дисс. . канд. геолого-минералог, наук. Ростов-на-Дону, 1995. - 22 с.
35. Цимлянское, водораздельное и Манычское водохранилища.// Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. /Под ред. к.т.н.
36. Сиренко Л.А. Физиологические основы размножения синезеленых водорослей в водохранилищах. Киев: Наукова думка, 1972. - 204 с.
37. Мудрецова К.А., Алеев Б.С. Цветение воды и методы его предсказания// Водоснабжение и сан. техника. 1990. — № 12.

- 38.Топачевский А.В., Сиренко Л.А., Цееб Я.Я. Антропогенное евтрофирование водохранилищ, «цветение» воды и методы его регулирования//Водные ресурсы. 1975. - № 1. - С.48-60.
- 39.Гусева К. А., Гончарова С.П. О влиянии высшей водной растительности на развитие планктонных синезеленых водорослей// Экология и физиология синезеленых водорослей. М.-Л, 1965. - С. 230-234
- 40.Горюшин В.А., Чаплинская С.М. Вирусы синезеленых водорослей// Экология и физиология синезеленых водорослей. М., 1974. - С. 9-17.
- 41.Влияние синезеленых водорослей на обмен веществ у рыб/А.Я. Маляревская, Т.И. Биргер, О.М. Арсан, Ю-Д. Соломатина Киев: Наукова думка, 1973.-С. 195.
- 42.79. Простантиков// «Цветение» воды. Киев: Наукова думка, 1969. - Вып. 2. — С. 244-265.
- 43.Шамардина И.П. Борьба с антропогенной эвтрофикацией водоемов//Итоги науки и техники. Антропогенная эвтрофикация водоемов. -М., 1975.1. С. 100-126.
- 44.Загорский В.А., Козлов М.Н., Данилович Д.А. Методы обеззараживания сточных вод// Водоснабжение и сан. техника. 1998. — №2. -С. 2-5.
- 45.Военный энциклопедический словарь/ Пред. гл. ред. Комиссии С.Ф. Ахромеев. М, Воениздат, 1986. - 863 с.
- 46.Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши/ Под. ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 541 с.