

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Выпуск посвящен проекту
«Спаси море»**



**Научно-практический журнал
спецвыпуск (3) 2012 май**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

спецвыпуск (3) 2012 МАЙ

Основан в ноябре 2011 г.
(Свидетельство о регистрации от 3 ноября 2011 г. ПИ № ФС77 – 47155)
Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Национальный исследовательский ядерный университет
«Московский инженерно-технический институт»

Главный редактор:

М.Н. Стриханов, доктор физико-математических наук, профессор

Редакционная коллегия:

М.Н. Стриханов, (главный редактор, д.ф.-м.н., проф.),
Ю.И. Пимшин (заместитель главного редактора, д.т.н., проф.),
А.М. Агапов (д.т.н., проф.), А.В. Чернов (д.т.н., проф.),
В.А. Руденко (д.с.н., проф.), Ю.П. Муха (д.т.н., проф.),
В.В. Кривин (д.т.н., проф.), В.И. Ратушный (д.ф.-м.н., проф.),
Ю.С. Сысоев (д.т.н., проф.), А.В. Паламарчук (к.т.н.),
В.Е. Шукшунов (д.т.н., проф.), В.П. Поваров (к.ф.-м.н.),
Н.И. Лобковская (к.ф.н., доцент)

Ответственный секретарь:

Н.И. Лобковская (к.ф.н., доцент)

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ	4
Е.Н. Бакаева, Н.А. Игнатова, Г.Г. Черникова <i>Экотоксичность вод приплотинного участка Цимлянского водохранилища</i>	5
Е.И. Шаврак, М.Р. Татевосова, Д.С. Шаврак <i>Вероятностно-детерминированное прогнозирование количественных характеристик водных ресурсов Цимлянского водохранилища</i>	12
В.В. Хоружая, С.В. Яковлев <i>Многолетняя динамика эффективности размножения рыб в приплотинном плёсе Цимлянского водохранилища</i>	21
О.И. Горская, С.Г. Калинина, Г.В. Кравцова, Л.А. Черешнева, С.В. Ракуть, Е.В. Випхло, М.С. Бублик <i>Гидробиологический режим водоема-охладителя Ростовской АЭС перед началом его продувки</i>	28
Д.А. Вехов <i>Рыбное население водоема-охладителя Ростовской АЭС</i>	35
О.И. Горская <i>Организация и проведение периодической продувки водоема-охладителя Ростовской АЭС</i>	44
И. А. Бубликова, О. Ф. Цуверкалова, М. Г. Баклыкова <i>Исследование тепловой нагрузки Ростовской АЭС на Цимлянское водохранилище</i>	51
Е.И. Шаврак, И.А. Генераленко, В. М. Сапельников <i>Оценка показателей состояния Цимлянского водохранилища</i>	60
С.Г. Калинина, Е.А. Ходяков, С.В. Яковлев <i>Улучшение экологического состояния приплотинного плёса Цимлянского водохранилища методом альголизаци</i>	72
Е.А. Бураева <i>Радиоэкологический мониторинг водных экосистем района Ростовской АЭС</i>	83
В.А. Руденко, Ю.А. Евдошкина <i>Социокультурные ориентиры современной молодежи по вопросам культуры безопасности в атомной отрасли</i>	93

ОТ РЕДАКЦИИ

Необходимость сохранения природы, в том числе в интересах будущих поколений, осознана многими. Но в настоящее время важно не только говорить об этом, а предпринимать реальные шаги в этом направлении. Предприятия атомного комплекса не обсуждают необходимость соблюдения требований экологической безопасности, а в рамках своей деятельности реализуют высокого уровня стандарты безопасности, необходимость этого предопределяется характером деятельности.

Большое внимание уделяется и территориям размещения объектов отрасли. Так для Ростовской АЭС Цимлянское водохранилище – это и источник водных ресурсов для удовлетворения технологических потребностей, и объект, требующий внимания и усилий по сохранению и преумножению его богатств.

Цимлянское водохранилище образовано на реке Дон в процессе строительства Цимлянской ГЭС и эксплуатируется уже более 60 лет. Оно является одним из крупнейших искусственных водоемов и располагается на территории Волгоградской и Ростовской областей. Площадь водохранилища составляет 2700 км². К сожалению, в последние годы наблюдаются негативные тенденции в динамике его характеристик, что вызывает большую обеспокоенность у 175 тысяч жителей г. Волгодонска, переживших в 2009 г. чрезвычайную ситуацию, связанную с отключением водоснабжения из-за массового ветрового нагона сине-зелёных водорослей в зону водозабора. Маловодность нескольких последних лет также не может не беспокоить население, которое к осени с тревогой наблюдает все более и более обнажающиеся берега рукотворного моря. Для сложившейся ситуации характерно единение местного населения и Ростовской АЭС в необходимости решения проблем и поиска выхода из сложившегося положения.

В рамках проекта «Спаси море» редакцией журнала «Глобальная ядерная безопасность» было принято решение о создании специального выпуска, материалы для которого представлены как научными учреждениями и вузами: Южным отделом Института водных проблем РАН, Гидрохимическим институтом, Волгоградским отделением Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства, Южным федеральным университетом, **Волгодонским инженерно-техническим институтом – филиалом Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»**, так и филиалом ОАО «Концерн Росэнергоатом» Ростовской атомной станцией. Читатели могут ознакомиться с результатами исследований по оценке состояния Цимлянского водохранилища, факторами, его определяющими, с рекомендациями и предложениями по исправлению ситуации.

Редакция выражает уверенность, что представленная в специальном выпуске информация внесет свой вклад в разработку мер по реабилитации Цимлянского водохранилища, сохранению его богатства и красоты.

УДК 504.455.058:574.52.64 (470.61)

ЭКОТОКСИЧНОСТЬ ВОД ПРИПЛОТИННОГО УЧАСТКА ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.Н. Бакаева, Н.А. Игнатова, Г.Г. Черникова

<i>Южный отдел Института водных проблем РАН, Гидрохимический институт, Научно исследовательский институт физики при Южном федеральном университете</i>	<i>Southern Division of the Institute of Water Problems of RAS, Hydrochemical Institute, Research Institute of Physics, Southern Federal University</i>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Биологическими методами в ходе комплексных экспедиций Южного отдела Института водных проблем РАН (2006, 2007, 2011) исследована динамика экотоксичности вод приплотинного участка Цимлянского водохранилища. Результаты анализа данных видового и структурного состояния фитопланктона, концентрации хлорофилла *a*, биотестирования свидетельствуют о неоднородности пространственно-временного распределения фитопланктона, в частности синезеленых микроводорослей, и токсичности.

Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, биотестирование, токсичность, фитопланктон, эвтрофикация, «цветение», токсификация, синезеленые микроводоросли, хлорофилл *a*.

Biological methods in integrated missions of the Southern Institute of Water Problems of RAS (2006, 2007, 2011) investigated the dynamics of ecotoxicity water reservoir dam sactin Tsimlyansk. The results of data analysis the structural state of the species of phytoplankton, chlorophyll *a* concentration, bioassay indicated the heterogeneity of spatial and temporal distribution of phytoplankton, especially blue-green algae, and toxicity.

Keywords: Reservoir Tsimlyanskoe, bioassay, toxicity, phytoplankton, eutrophication, «bloom», toxification, blue-green algae, chlorophyll *a*

В современный период изучение состояния водохранилищ, как объектов важного народнохозяйственного значения, требует пристального внимания. Продолжающаяся антропогенная нагрузка в условиях изменяющегося климата вызывает усиление негативных процессов в экосистемах водных объектов.

Наиболее общей, и в тоже время специфической, проблемой всех современных водохранилищ является эвтрофикация, приводящая к интенсивному развитию фитопланктона – первого трофического звена, поставщика органического вещества. Проявлением этого является «цветение» воды в основном за счет синезеленых микроводорослей (*Cyanophyta*). Вследствие этого усиливается процесс токсификации вод и донных отложений экосистемы водохранилища. Наиболее активно процессы эвтрофикации и токсификации протекают в водохранилищах южных регионов, что обусловлено особенностями климата. Усиливает эти процессы антропогенное загрязнение.

Цимлянское водохранилище, расположенное на территории Волгоградской и Ростовской областях, образовано в результате перекрытия плотиной ГЭС долины



Нижнего Дона (рис.1). Строительство ГЭС началось в 1948 году. Заполнено водохранилище в 1952-1953 годах. Его акватория имеет площадь 2700 км², общий объем – 23,9 км³, в том числе полезный – 11,5 км³. Средняя ширина водоема около 12 км, наибольшая – 30 км. По морфологическим характеристикам и гидрологическим показателям акватория водохранилища делится на 3 участка: верхний – от г. Калача-на-Дону до х. Ильмень-Суворовского, центральный – от х. Ильмень-Суворовского до х.Кривского и приплотинный – от х. Кривского до плотины Цимлянской ГЭС.

Цимлянское водохранилище и Нижний Дон имеют определяющее значение для устойчивого экономического развития Ростовской области и повышения качества жизни населения. Они используются для судоходства, рыболовства, водоснабжения, гидроэнергетики.

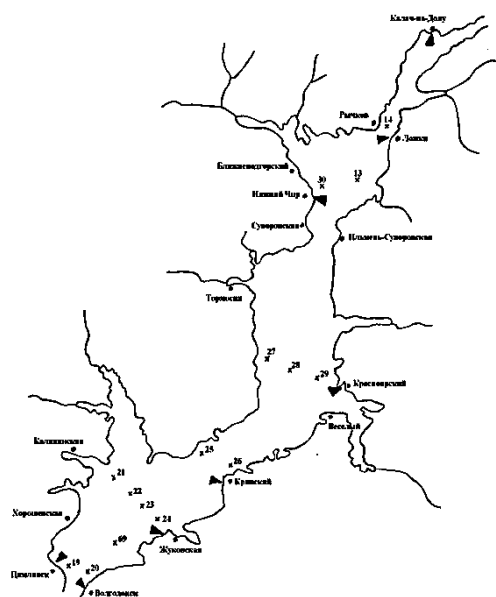


Рисунок 1 – Расположение створов наблюдений Цимлянского водохранилища в сети мониторинга поверхностных вод суши Росгидромета (▼ – пункт наблюдений, X – вертикали)

Проблемы Цимлянского водохранилища. Создание водохранилища привело к существенному изменению гидрологического режима бассейна Нижнего Дона и Азовского моря, снижению рыбопродуктивности. Интенсивное хозяйственное освоение водосборного пространства, и прежде всего водоохраных зон, привело к усилению негативного воздействия на экосистему Цимлянского водохранилища и Нижнего Дона.

В настоящее время хозяйственное использование вод водохранилища, прежде всего, для питьевого и промышленного водоснабжения региона, затруднено из-за ряда проблем. Так, на сегодняшний день остро обозначились следующие основные проблемы Цимлянского водохранилища: загрязнение вод сточными водами от сосредоточенных и диффузных источников, расположенных в акватории водохранилища и в его водоохраной зоне; эвтрофикация – бурное развитие синезеленых микроводорослей («цветение»), приводящее к эвтрофикации и токсификации экосистемы; снижение рыбопродуктивности; разрушение берегов и заиление ложа водохранилища.

Биологические характеристики эвтрофикации. К числу показательных биологических характеристик эвтрофирования водных объектов можно отнести увеличение содержания хлорофилла *a*, последовательную смену видов

микроводорослей с преобладанием синезеленых (*Cyanophyta*) и зеленых (*Chlorophyta*) водорослей, увеличение биомассы фитопланктона в целом.

Эвтрофирование приводит к изменению характера сезонной динамики и структуры фитопланктона. В фитоценозах снижается роль диатомовых (*Bacillariophyta*) и золотистых (*Chrysophyta*) водорослей, увеличивается – синезеленых (*Cyanophyta*) и динофитовых (*Dinophyta*). Также увеличивается роль хлорококковых зеленых (*Chlorophyta*) и эвгленовых (*Euglenophyta*) водорослей.

Известно, что в ответ на действие различных экологических факторов и антропогенных загрязнений на водные экосистемы в первую очередь изменяются физиологическое состояние и видовой состав первого трофического звена водных объектов – фитопланктона. Его изменения приводят к изменениям во всех остальных звеньях экосистемы. Численность, биомасса, таксономический состав, физиологическая активность фитопланктона позволяют сделать выводы о благополучии водоема или о его кризисном состоянии. Микроводоросли являются основой пищевой сети и необходимой частью сбалансированной экосистемы. Однако, слишком высокая концентрация микроводорослей может блокировать солнечный свет, уменьшать содержание кислорода, повышать содержание органических веществ за счет большого количества отмерших клеток. Таким образом, регистрация характеристик фитопланктона важна для оценки состояния водной среды в целом.

Концентрация хлорофилла *a* является косвенным показателем биомассы фитопланктона. Значения хлорофилла *a* очень сильно различаются по сезонам, годам, месту, поскольку концентрации определяются загрязнением, температурой, освещением, сезонами и климатическими условиями.

Высокие концентрации хлорофилла *a*, как правило, – это ответ на повышение содержания в воде органических питательных веществ, и свидетельство высокой биомассы водорослей в толще воды. Осаждение и последующее разложение отмерших микроводорослей в значительной степени ответственны за процессы снижения кислорода и явления гипоксии в поверхностных водах. Поэтому концентрации хлорофилла *a* служат важным показателем величины нагрузки питательными органическими веществами и потенциальной гипоксии.

Наиболее актуальной и признанной приоритетной в современный период Всемирной организацией здравоохранения является проблема токсичности синезеленых микроводорослей в питьевом и рекреационном водопользовании, усиливающая процессы токсификации экосистемы водохранилища. Адекватную оценку токсичности позволяет получить метод биотестирования. Ответная реакция гидробиоты на загрязнение гораздо показательнее сравнения измеренных концентраций химических элементов и соединений с ПДК. Значимость интегральной оценки качества вод растет с ростом антропогенной нагрузки в связи с тем, что экологический контроль прогрессирующего возрастания количества новых химических веществ невозможен, к тому же он осложнен аддитивностью и синергетическим действием большинства соединений. Только сама биота может дать оценку суммарного токсического действия загрязняющих веществ, которое является одной из главных причин негативных последствий антропогенного загрязнения поверхностных вод.

Помимо того, что метод биотестирования наиболее показателен с экологической точки зрения, его применение более целесообразно и в экономическом плане, поэтому часто превосходит ресурсоемкие гидрохимические исследования.

На сегодняшний момент в условиях эвтрофикации и токсификации водохранилищ особо важным представляется изучение экотоксичности компонентов экосистем.

Цель нашей работы заключалась в изучении динамики экотоксичности вод

приплотинного участка Цимлянского водохранилища.

Материал и методы. Исследования экотоксичности вод Цимлянского водохранилища проводили биологическими методами (биоиндикация, биотестирование). Использовали общепринятый гидробиологический метод изучения планктона, в частности фитопланктона, и метод биотестирования с тест-объектами различной систематической принадлежности и трофического уровня.

В работе представлены результаты экспедиционных исследований Южного отдела Института водных проблем РАН, проведенных в октябре 2006, мае 2007, августе, октябре 2011 гг. в Цимлянском водохранилище. Исследования включали отбор, обработку, анализ проб фитопланктона, концентраций хлорофилла *a*, токсичности вод методом биотестирования. Исследованиями было охвачено 5 створов: 23 и 24 вертикали в районе ст. Жуковской (350 км от устья), 20 вертикаль (312 км от устья) в районе города Волгодонска, 19 вертикаль (311 км от устья) в районе г. Цимлянска, 69 вертикаль (319 км от устья) в районе Ростовской АЭС (рис. 1).

Тест-объектами при исследовании токсичности проб воды служили четыре вида гидробионтов: ветвистоусые рачки *Daphnia magna*, коловратки *Brachionus calyciflorus*, инфузории *Paramecium caudatum*, микроводоросли *Scenedesmus obliquus*. [1,2] Использовали следующие тест-показатели: выживаемость зоопланктеров, коэффициент прироста микроводорослей.

Фитопланктон. В видовом составе фитоценозов во все годы ведущая роль принадлежала синезеленым микроводорослям родов *Anabena* (3 вида), *Oscillatoria* (4 вида) и *Microcystis* (2 вида), *Aphanisomenon* (2 вида). Основную биомассу всего фитопланктона составляли именно синезеленые микроводоросли, достигая в отдельных створах до 42,8 мг/л (створ 20, 2007 г.) и составляя до 99,2% всей биомассы (рис. 2). В сравнении с 80-ми годами отмечено увеличение общей биомассы фитопланктона – с 31,2 до 51,7 мг/л и возрастание доли синезеленых микроводорослей. [3,4]

Разряд трофности по биомассе фитопланктона и концентрации хлорофилла *a* несколько отличался в разных створах и в разные годы. Вода характеризовалась по биомассе от мезотрофной до полигипертрофной, по хлорофиллу *a* – от олигомезотрофной до политрофной. Содержание хлорофилла *a* варьировало в пределах 13,4 – 139,4. Высокая концентрация хлорофилла *a* соответствовала самой высокой концентрации микроводорослей в створе 23 в 2007 г. (рис. 3).

Значения индекса сапробности фитопланктона в диапазоне 1,92-2,26 характеризовали воду как бета-мезосапробную.

Биомасса и структурно-видовой состав фитопланктона, концентрация основного пигмента – хлорофилла *a*, свидетельствуют о повышении сапробности и трофности вод Цимлянского водохранилища.

Токсичность вод. Биотестовые исследования вод приплотинного участка Цимлянского водохранилища выявили разное токсическое действие воды створов как в пространственном, так и во временном аспекте. Диапазон токсичности вод был широк и составлял от полного отсутствия острого токсического действия до 100-процентной гибели в течение 1 часа (табл. 1). Соответственно уровень (классы) токсичности вод по классификации Окснюк, Жукинкого [5] был непостоянен, колебался как в пространственном плане, так и во временном аспекте. Воды по данным биотестирования отнесены к различным классам качества вод – от удовлетворительной чистоты (3) до грязной (5); разряды качества вод – от слабозагрязненной (3б) до весьма загрязненной (5а). Согласно шкале Брагинского [6] от олиготоксичной до гипертоксичной.

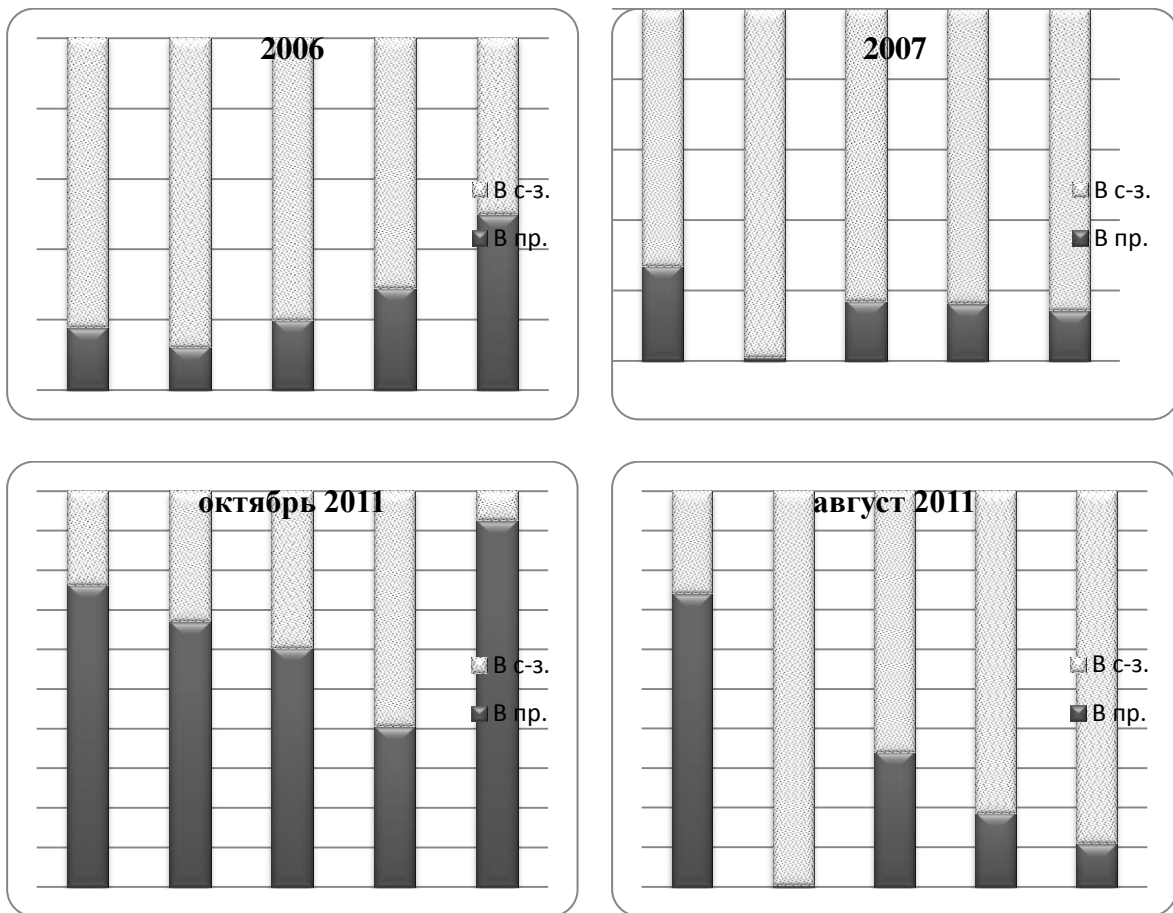


Рисунок 2 – Процентное содержание синезеленных водорослей (В с-з) от общей биомассы фитопланктона в створах приплотинной части Цимлянского водохранилища

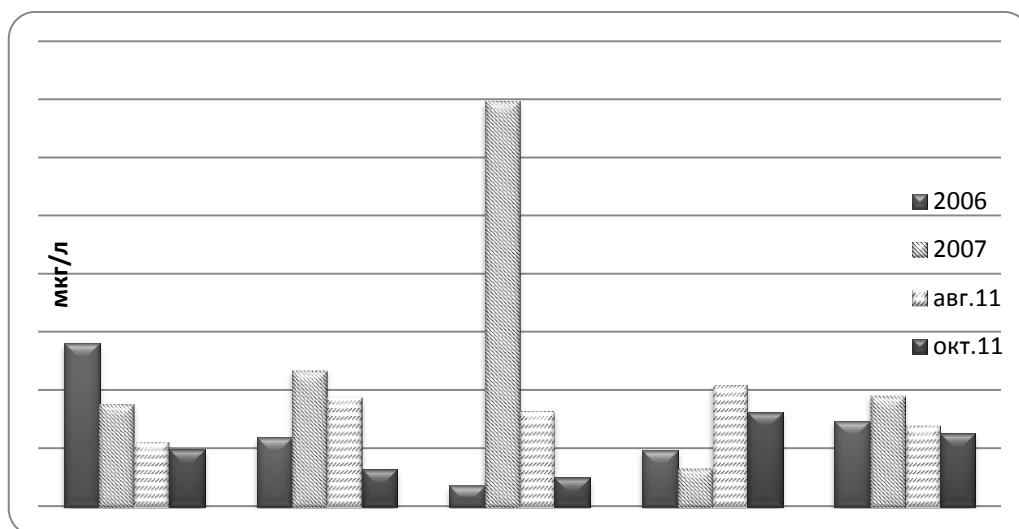


Рисунок 3 – Динамика концентрации хлорофилла *a* в створах приплотинной части Цимлянского водохранилища



Таблица 1 – Изменение острого токсического действия вод створов приплотинного участка Цимлянского водохранилища по данным биотестирования (% гибели *Daphnia magna* за время, ч)

Годы	19 створ	23 створ	24 створ	20 створ	69 створ
Октябрь 2006	80 за 6 ч	50 за 6 ч	50 за 6 ч	нет ОТД	нет ОТД
Май 2007	100 за 1 ч	50 за 1 ч	50 за 1 ч	50 за 24 ч	100 за 96 ч
Август 2011	80 за 24 ч	90 за 24	87 за 48 ч	нет ОТД	80 за 96 ч
Октябрь 2011	66 за 96 ч	нет ОТД	нет ОТД	нет ОТД	нет ОТД
На микроводорослях острое токсическое действие (ОТД) не выявлено					

Различие экотоксичности вод в разных створах связано с гидрологическими и морфометрическими особенностями, присутствием синезеленых микроводорослей, ветровыми процессами и с разной антропогенной нагрузкой и ее последствиями.

Одновременное возрастание трофности, сапробности и, что крайне важно, – токсичности вод, свидетельствует о значительной токсификации экосистемы Цимлянского водохранилища. Сравнение с данными прошлых лет показало сохранение и усиление негативных процессов в приплотинной части экосистемы Цимлянского водохранилища.

Т.о. проведенные биологическими методами (биоиндикация по фитопланктону, биотестирование токсичности вод) исследования свидетельствуют об усилении процесса эвтрофикации, о токсичности вод, интенсивном развитии синезеленых водорослей (в том числе «токсичных» видов), что представляет опасность в виде усиления процессов токсификации экосистемы.

Литература

1. РД 52.24.566-94. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных экосистем. М.: ФСР Госкомгидромета, 1994. 130 с.
2. РД 52.24.662-2004. Оценка токсического загрязнения природных вод донных отложений пресноводных экосистем методами биотестирования с использованием коловраток. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 60 с.
3. Бакаева Е.Н., Черникова Г.Г., Игнатова Н.А. Современная эколого-токсикологическая ситуация в отдельных створах Цимлянского водохранилища // Экология. Экономика. Информатика. XXXVI конференция Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования: материалы конф., 7-12 2009 г. Ростов-на-Дону, 2009. С. 147–149.
4. Бессонов О.А., Белова С.Л., Водолазкин Д.И. и др. Биогеохимический цикл тяжелых металлов в экосистеме Нижнего Дона. Ростов-на-Дону, 1991. 112 с.
5. Оксюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т 29. № 4. С. 62–76.

6. Брагинский Л.П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности // Гидробиологический журнал. 1985. Т 21. № 6. С. 65–74.

Бакаева Елена Николаевна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Гидрохимический институт, Южный отдел Института водных проблем РАН. E-mail: rotaria@mail.ru

Игнатова Надежда Анатольевна – младший научный сотрудник, Гидрохимический институт, Южный отдел Института водных проблем РАН
E-mail: ignatse@aanet.ru

Черникова Галина Геньевна – инженер, Южный отдел Института водных проблем РАН.

Bakaeva Elena N. – doctor of biology, the scientific employer, Hydrochemical institute, Southern department of Institute of water problems of the Russian Academy of Sciences. E-mail: rotaria@mail.ru

Ignatova Nadeschda A. – the scientific employer, Hydrochemical institute, Southern department of Institute of water problems of the Russian Academy of Sciences.
E-mail: ignatse@aanet.ru

Chernikova Galina –engineer, Southern Division of the Institute of Water Problems of RAS



УДК 55: 502 . 52 : 91 (1)

ВЕРОЯТНОСТНО-ДЕТЕРМИНИРОВАННОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.И Шаврак, М.Р. Татевосова, Д.С Шаврак

<p><i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»</i></p>	<p><i>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Проанализированы взаимосвязи между количественными характеристиками водных ресурсов Цимлянского водохранилища (ЦВ) и обуславливающими их факторами. Построены модели, отражающие эти взаимосвязи. Рассмотрена возможность их применения в прогностических целях, охарактеризовано качество полученных прогнозов.

Ключевые слова: уровень режим, Цимлянское водохранилище, модели, качество прогнозирования.

We have analysed the interrelations between the quantitative characteristics of water resources of the Tsimlyansk reservoir and the factors causing these characteristics. We have developed the models that reflect these interrelations. We have considered possibility of these models application for prognostic purposes, and have characterised quality of the forecasts acquired.

Keywords: Level regime, Tsimlyansk reservoir, models, forecast quality.

Территориальная неравномерность и временная изменчивость речного стока затрудняют обеспечение населения России необходимым количеством воды. Ее накопление в искусственных водоемах с последующим перераспределением стока способствует эффективному использованию водных ресурсов. Количественные запасы воды в водохранилищах характеризуются уровнем режимом, который, в свою очередь, определяется естественным притоком воды и искусственным регулированием стока. Сведения о количественных характеристиках водных ресурсов необходимы как для предупреждения чрезвычайных ситуаций, так и для обеспечения эффективности функционирования водохозяйственного комплекса в штатном режиме. В связи с этим актуальной является проблема прогнозирования этих характеристик.

Существует несколько подходов к прогнозированию природных процессов. [1] В рамках вероятностно-статистического направления они рассматриваются, как потоки случайных событий, вероятностно-детерминированный подход основан на установлении пространственно-временных закономерностей. Оба этих метода используют данные многолетних наблюдений и предназначены для долгосрочного (годы) и среднесрочного (сезон, месяц) прогнозирования. Краткосрочное прогнозирование (дни, часы) осуществляется с помощью детерминированно-вероятностного подхода с применением оперативной информации. Выбор того или иного метода определяется соотношением в прогнозируемых процессах случайности и детерминированности.

Целью данной работы является вероятностно-детерминированное среднесрочное прогнозирование количественных характеристик водных ресурсов одного из крупнейших искусственных водоемов России Цимлянского водохранилища (ЦВ), созданного в 1952 году в русле реки Дон на территории Ростовской и Волгоградской областей. Охарактеризованы взаимосвязи между стоком р. Дон, уровнем воды и обуславливающими их факторами, построены соответствующие математические модели. Показаны возможности их применения в прогностических целях. Оценены качество предлагаемых методик прогнозирования и оправдываемость полученных прогнозов.

Материалы и методы исследования

В качестве количественных характеристик водных ресурсов ЦВ рассматривались среднегодовые значения объемов стока р. Дон в верхнем бьефе ЦВ, средневзвешенные значения уровней предполоводной сработки ЦВ, приращения среднемесячных значений уровней и среднесуточные уровни. Исследование основано на материалах наблюдений Росгидромета на водомерных постах г. Цимлянск, х. Суворовский, п.г.т. Нижний Чир, х. Рычков, ст-ца Голубинская, ст-ца Трехостровская, г. Калач-на-Дону, с.Ложки, х. Ильмень-Суворовский, х. Кривской, Цимлянский порт в течение 1954 – 2011 гг. [2,3], а также предоставленных ФГУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища».

Уровненный режим ЦВ во многом обусловлен климатическими условиями территории водосбора Верхнего Дона и ЦВ. Их контроль осуществляется рядом метеостанций, среди которых были выбраны Балашов, Курск, Тамбов, Воронеж, Калач-на-Дону и Цимлянск. Этот выбор определяется, с одной стороны, объемом доступной метеоинформации, с другой – необходимостью учета максимально большей площади водосбора р. Дон. Соответствующие метеоданные, включающие в себя временные ряды среднемесячных температур воздуха (ТВ) и количества осадков (КО), взяты из архивов Государственного фонда данных о состоянии природной среды с помощью Web технологии «Аисори – Удаленный доступ к ЯОД-архивам». [4] В таблице 1 приведены характеристики, используемой в исследовании, информации.

Таблица 1 – Характеристика используемой информации

Характеризуемый объект (метеостанция)	Содержание информации, размерность	Временной период, годы	Объем выборки значений
1	2	3	4
р. Дон	Объем годового стока р. Дон в верхнем бьефе ЦВ, км ³ /год	1954 -2011	58
Цимлянское водохранилище	уровни предполоводной сработки, м БС	1954 -2011	55
	Средневзвешенные среднемесячные уровни, м БС	1954 -1972, 2000-2011	372
	Средневзвешенные среднесуточные уровни, м БС	2000-2011	4380



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Балашов (51°53' N; 43°15' E)	Среднемесячные ТВ, °С Среднемесячные КО, мм/месяц	1966-2008 1966-2008	516 516
Курск (51°60' N; 36°20' E)	Среднемесячные ТВ, °С Среднемесячные КО, мм/месяц	1954-2008 1966-2008	660 516
Тамбов (52°72' N; 41°42' E)	Среднемесячные ТВ, °С Среднемесячные КО, мм/месяц	1954-2008 1966-2008	660 516
Воронеж (51°70' N; 39°20' E)	Среднемесячные ТВ, °С Среднемесячные КО, мм/месяц	1954-2008 1966-2008	660 516
Цимлянск (47°44' N; 42°15' E)	Среднемесячные ТВ, °С Среднемесячные КО, мм/месяц	1954-2008 1966-2008	660 516
Калач-на-Дону (48°41' N; 43°32' E)	Среднемесячные ТВ, °С Среднемесячные КО, мм/месяц	1960-2008 1966-2008	588 560

Все используемые данные были разделены на две части. Большая часть информации, характеризующая период 1954-1999 гг., использовалась на первом этапе исследования, целью которого было установление закономерностей формирования количественных характеристик. Рассматривались взаимосвязи стока р. Дон, уровня предполоводной сработки ЦВ ($U_{пс}$) и климатических условий территории водосбора р. Дон (ТВ и КО), зависимости между межгодовыми приращениями среднемесячных значений уровней ($\Delta U_{см}$), между временными рядами среднесуточных уровней (U_i). Основной метод исследования – корреляционно-регрессионный анализ. Для значимых связей ($P_0 \leq 0,05$) построены математические модели, определены их статистические характеристики, проведена проверка моделей на устойчивость. [5]

Входная и выходная информация для корреляционного анализа временных рядов стока р. Дон и уровней предполоводной сработки представлены в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} U_{1пс}, V_1 \\ U_{2пс}, V_2 \\ \dots \\ U_{nпс}, V_n \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} ТВ_1^{jm}, КО_1^{jm} \\ ТВ_2^j, КО_2^j \\ \dots \\ ТВ_n^{jm}, КО_n^{jm} \end{bmatrix}$$

где $U_{nпс}$ – уровень предполоводной сработки в n -м году,
 $ТВ_n^{jm}$ и $КО_n^{jm}$ - климатические характеристики m – месяца n – года на территории j – й метеостанции,
 V_n – сток р. Дон в n – м году.

Данные, используемые при анализе взаимосвязей приращений среднемесячных уровней, изображены в матричной форме вида:

$$\begin{bmatrix} \Delta Y_{2 \text{ см}}^I \\ \Delta Y_{3 \text{ см}}^{II} \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta Y_{n \text{ см}}^{XII} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \Delta Y_{2 \text{ см}}^I \\ \Delta Y_{3 \text{ см}}^{II} \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta Y_{n \text{ см}}^{XII} \end{bmatrix},$$

где $\Delta Y_{n \text{ см}}^J$ - межгодовая разность среднемесячных значений уровней в J – м месяце ($J=I$ - январь, ... $J=XII$ - декабрь), определяемая для n – го года по формуле:

$$\Delta Y_{n \text{ см}}^J = Y_{(n-1) \text{ см}}^J - Y_{n \text{ см}}^J.$$

Прогнозирование среднесуточных уровней в расчетный период n -года основывалось на идентификации m -года-аналога, обладающего сходными особенностями уровня режима. Его определяли путем сопоставления характеристик моделей, описывающих ход уровней в, предшествующие расчетному периоду, месяцы n - и m -годов. На основании допущения, что сходство уровня режимов сохранится и в расчетный период, рассчитывали совокупность прогнозируемых значений среднесуточных уровней с помощью модифицированного уравнения регрессии, характеризующего соответствующий временной ряд года-аналога. Сущность модификации заключалась в замене свободного члена регрессии на величину среднесуточного уровня, зафиксированную в 1 сутки расчетного периода n -года.

На втором этапе исследования осуществлено прогнозирование уровня режима ЦВ, заключающееся в верификации моделей, полученных на первом этапе. Для этого использовали информацию, характеризующую период 2000-2011 гг. На третьем этапе, в соответствии с РД 52.27.759-2011 [6], проводилась оценка качества предлагаемых методик и успешности прогнозов, полученных с их помощью. Качество оценивали с помощью отношения S/σ_x , в котором σ_x – среднее квадратичное отклонение предсказываемого явления от нормы, вычисляемое по формуле (1):

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (1)$$

а S – средняя квадратичная ошибка проверочных прогнозов, определяемая по формуле (2):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{\phi} - x_{\text{нр}})^2}{n - m}}, \quad (2)$$

В формулах (1) и (2):

x – значение уровня в ряду наблюдений;

\bar{x} – среднее значение уровня (норма);



$x_{ф}$ и $x_{пр}$ – фактическое и прогнозируемое значения соответственно;
 n – число членов ряда;
 m – число степеней свободы, характеризующее вид уравнения прогностической регрессии, для линейного уравнения m равно 2.

Отношение S/σ_x показывает выигрыш в распределении ошибок, который дает метод прогноза по сравнению с распределением ошибок в случае принятия ожидаемой величины, равной ее норме. Величину S/σ_x используют в качестве основного критерия применимости методов прогнозов. Его предельными значениями являются: $S/\sigma_x \leq 0,57$ (для $n \leq 15$), $S/\sigma_x \leq 0,62$ (для $15 < n \leq 25$), $S/\sigma_x \leq 0,67$ (для $n \geq 25$). [6] Здесь n – число членов ряда, использованного при установлении прогностической зависимости или число проверочных прогнозов.

Для оценки успешности прогноза устанавливали интервал предельной ошибки $\delta_{дон}$, в котором будет находиться прогнозируемая характеристика. [6]

1. При прогнозировании стока р. Дон $\delta_{дон}$, определяли по формуле (3):

$$\delta_{дон} = \pm 0,674 \sigma_x, \tag{3}$$

где σ_x – среднее квадратичное отклонение стока р. Дон от нормы (среднего значения)

2. При прогнозировании уровней предполоводной сработки и среднесуточных уровней, определяющихся предшествующими показателями, за допустимую ошибку принимали величину, равную $\pm 0,674 \sigma_{\Delta h}$. $\sigma_{\Delta h}$ – среднеквадратичное отклонение изменения прогнозируемой характеристики от нормы ее изменения за период заблаговременности прогноза, рассчитываемое по формуле (4):

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta h_i - \overline{\Delta h})^2}{n}} \tag{4}$$

где Δh_i – изменение прогнозируемой характеристики за интервал времени, равный заблаговременности прогноза,

$\overline{\Delta h}$ – среднее значение этих изменений для рассматриваемой хронологической последовательности;

n – длина ряда наблюдений.

3. При прогнозах среднемесячных приращений уровней, не зависящих от предыдущих значений, $\delta_{дон}$ определяли по формуле (3), где σ_x – среднее квадратичное отклонение приращения уровня от среднего значения. Прогноз считался оправдавшимся, если ошибка прогноза δ меньше либо равна $\delta_{дон}$. Оправдываемость прогнозов P выражалась процентным отношением числа оправдавшихся прогнозов к их общему числу. В зависимости от величины P успешность прогнозов оценивалась как отличная ($P > 90\%$), хорошая ($84 \leq P \leq 90\%$), удовлетворительная ($75 \leq P \leq 84\%$), неудовлетворительная ($P < 74\%$).

Результаты и их обсуждение

Зависимости характеристик уровенного режима ЦВ от обуславливающих их факторов. В таблице 2 представлены характеристики моделей, отражающих статистически значимые устойчивые взаимосвязи характеристик уровенного режима ЦВ и факторов, их определяющих. На основании моделей 1-5 можно сделать вывод, что, чем теплее и влажнее период январь–март на территории водосбора Верхнего Дона и побережье ЦВ, тем больше ожидается объем стока Дона в верхнем бьефе ЦВ и

уровень предполоводной сработки ЦВ в расчетном году. Сила корреляций стока р. Дон, величины Y_{nc} и климатических условий, в основном, слабая ($R^2 \leq 0,24$), т.е. не более 25% дисперсии значений объясняется данными моделями. В отличие от низкой детерминированности величины Y_{nc} взаимосвязи межгодовых приращений среднемесячных уровней в период июль – декабрь $\Delta Y_{cm}^{VII-XII}$ (модели 6-11) обладают более высоким качеством ($R^2=0,99$). Для этого же периода установлено практически функциональное межгодовое сходство хронологических рядов среднесуточных уровней (модель 12, $R^2=0,99$), находящее свое отражение в сходстве описывающих эти ряды зависимостей. Они аппроксимируются полиномами третьей степени, характеризующимися уравнением (5)

$$Y(i) = Y^0 + a i^3 + b i^2 + c i, \quad (5)$$

где Y^0 – среднесуточный уровень воды 1 июня расчетного года,

i – номер дня в хронологическом ряду периода «июнь-декабрь», может принимать значения от 1 до 214,

$Y(i)$ – уровень воды в день с номером i .

Таблица 2 – Взаимосвязи количественных характеристик водных ресурсов ЦВ и факторов, их определяющих

№ п/п	Предикторы модели		Характеристики модели			
	название	условное обозначение	уравнение	R^2	F	t
Зависимость стока р. Дон от климата						
1.	Количество осадков в Тамбове (март)	КОЗ _Т	$V = 11,818 + 0,161 \cdot \text{КОЗ}_T$	0,2	7	2,6
Зависимость уровня предполоводной сработки Y_{nc} от климата						
2.	Среднемесячная ТВ в Цимлянске (январь)	ТВ1 _Ц	$Y_{nc} = 33,357 + 0,096 \cdot \text{ТВ1}_C$	0,14	7	2,7
3.	Среднемесячная ТВ в Воронеже (январь)	ТВ1 _В	$Y_{nc} = 33,709 + 0,107 \cdot \text{ТВ1}_B$	0,21	12	3
4.	Среднемесячная ТВ в Тамбове (январь)	ТВ1 _Т	$Y_{nc} = 33,925 + 0,117 \cdot \text{ТВ1}_T$	0,24	14	3,8
5.	Количество осадков в Тамбове (март)	КОЗ _Т	$Y_{nc} = 32,144 + 0,028 \cdot \text{КОЗ}_T$	0,21	9	3
Взаимосвязи межгодовых приращений среднемесячных уровней ΔY_{cm}^{I-XII}						
6.	Приращение уровней в июне	ΔY_{cm}^{VI}	$\Delta Y_{cm}^{VII} = 0,989 \cdot \Delta Y_{cm}^{VI}$	0,99	2680	52
7.	Приращение уровней в июле	ΔY_{cm}^{VII}	$\Delta Y_{cm}^{VIII} = 0,985 \cdot \Delta Y_{cm}^{VII}$	0,99	2203	47
8.	Приращение уровней в августе	ΔY_{cm}^{VIII}	$\Delta Y_{cm}^{IX} = 0,971 \cdot \Delta Y_{cm}^{VIII}$	0,99	3740	62
9.	Приращение уровней в сентябре	ΔY_{cm}^{IX}	$\Delta Y_{cm}^{X} = 0,954 \cdot \Delta Y_{cm}^{IX}$	0,99	2390	49
10.	Приращение уровней в октябре	ΔY_{cm}^{X}	$\Delta Y_{cm}^{XI} = 0,934 \cdot \Delta Y_{cm}^{X}$	0,99	1480	39
11.	Приращение уровней в ноябре	ΔY_{cm}^{XI}	$\Delta Y_{cm}^{XII} = 0,940 \cdot \Delta Y_{cm}^{XI}$	0,99	1620	40
Хронологические особенности режима среднесуточных уровней ЦВ Y_i (2010 год)						
12.	Порядковый номер суток в период «1.09– 31.12»	i	$Y_i = 6E-05 \cdot i^2 - 0,0142 \cdot i + 33,81$	0,997	4320	73

Коэффициенты a, b, c в уравнении (5) отражают особенности уровня режима



конкретного года. В ходе анализа установлена их тождественность для временных рядов отдельных лет. Предлагается использовать этот факт для прогнозирования методом аналогий среднесуточных уровней в сентябре-декабре расчетного года.

Год-аналог определяли путем сопоставлений характеристик моделей, описывающих ходы уровней в периоды «июнь – август». Ниже такой подход продемонстрирован на примере 2010 года. В качестве его аналога рассматривали 2009 год. Основанием для этого является сходство зависимостей, описывающих динамику среднесуточных уровней в период июнь-август:

$$U_{2010} (\text{июнь-август}) = 6E-07 i^3 - 0,0002 i^2 - 0,0051 i + 35,078 (R^2 = 0,99)$$

$$U_{2009} (\text{июнь-август}) = 9E-07 i^3 - 0,0002 i^2 - 0,0053 i + 34,386 (R^2 = 0,99)$$

Для года-аналога составляли уравнение, характеризующее временной ход уровней в сентябре – декабре:

$$U_{2009} (\text{сентябрь – декабрь}) = 6E-05 \cdot i^2 - 0,0142 \cdot i + 33,264 (R^2 = 0,99)$$

На основании этого уравнения строили аналогичную модель для 2010 г. (таблица 2, модель №20), заменив свободный член регрессии на значение среднесуточного уровня в 2010 году в первый день расчетного периода (1 сентября). Диапазон изменения величины i определяется количеством дней в период 1.09-31.12 (124 дня).

Результаты прогнозирования и оценка их качества. Для прогнозирования уровня режима ЦВ были использованы представленные в таблице модели. Объемы стока р. Дон и уровни предполоводной сработки ЦВ прогнозировались для 2000-2008 гг., приращения среднемесячных уровней – для 2000-2011 гг., среднесуточные значения – для периода «сентябрь – декабрь» 2010 г. На рисунке 1 показано сопоставление фактических характеристик и спрогнозированных значений количественных характеристик ЦВ. Из информации, представленной на рисунке 1, следует, что качество прогнозов, полученных с помощью моделей 1,4 гораздо хуже, чем в остальных случаях. Очевидно, данные факты могут быть объяснены качеством используемых моделей.

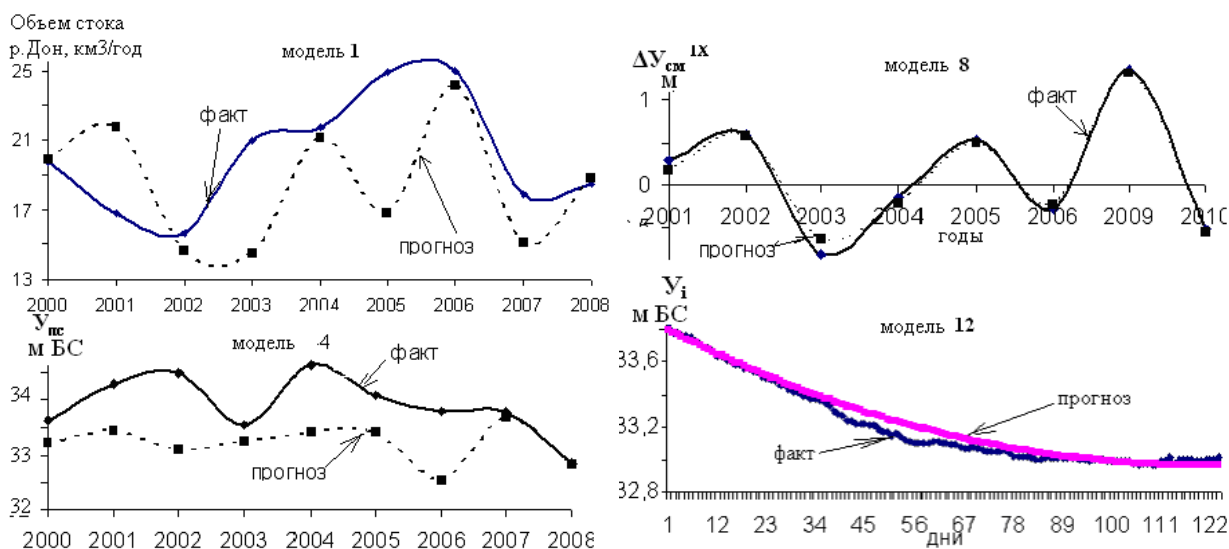


Рисунок 1 – Сопоставление фактических характеристик и спрогнозированных значений количественных характеристик ЦВ

В таблице 3 приведены количественные характеристики использованных методик

прогнозирования, позволяющие сделать вывод о возможностях их применения в целях гидрологического прогнозирования.

Таблица 3 – Показатели качества прогнозирования (в соответствии с. [6])

№ модели	Применимость модели				Оправдываемость прогноза		
	$S, м$	$\sigma_{x, м}$	S/σ_x	вывод	$\sigma_{дон, м}$	$P, \%$	оценка прогноза
1	2,98	3,13	0,95	неприменима	2,11	33	неудовлетворительно
2-5	1,19	1,22	0,98	неприменима	0,44	50	неудовлетворительно
6	0,12	0,59	0,2	применима	0,40	100	отлично
7	0,31	0,64	0,48	применима	0,43	88	хорошо
8	0,09	0,66	0,14	применима	0,45	100	отлично
9	0,09	0,65	0,13	применима	0,44	100	отлично
10	0,10	0,67	0,14	применима	0,45	100	отлично
11	0,13	0,70	0,18	применима	0,47	100	отлично
12	0,04	1,03	0,04	применима	0,05	75	удовлетворительно

Как видно из таблицы 3, качество прогнозирования с использованием моделей №№1-5 не удовлетворяет нормативным требованиям службы морских гидрологических прогнозов [6], поэтому эти модели не могут быть использованы для предвидения количественных характеристик водных ресурсов ЦВ. Область их применения ограничивается вероятностными предположениями. Качество прогнозирования с использованием остальных, представленных в таблице 3, моделей характеризуется как приемлемое.

Выводы

Построены статистически значимые устойчивые модели, отражающие зависимости между стоком р. Дон, уровнем режимом и климатическими параметрами водосбора Верхнего Дона и побережья ЦВ, между межгодовыми приращениями среднемесячных уровней, между временными рядами среднесуточных значений.

Согласно моделям, описывающим динамики стока р. Дон и уровня предполоводной сработки ЦВ, эти характеристики положительно коррелируют с температурой воздуха и количеством осадков в январе и марте расчетного года. Качество моделей ограничивает область их использования только вероятностной оценкой соответствующих показателей.

Высокая степень детерминированности межгодовых приращений среднемесячных уровней в феврале, марте, июне-декабре, а также сила взаимосвязей между временными рядами среднесуточных уровней в период сентябрь–декабрь обуславливают приемлемые прогностические свойства соответствующих моделей. Их использование позволяет с заблаговременностью в 1 месяц предсказывать соответствующие среднемесячные значения уровней (модели №№ 6-11) и с заблаговременностью в 1-124 дня прогнозировать среднесуточные значения (модель №12).



Литература

1. Измалков В.И. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском /Измалков В.И., Измалков А.В. – СПб.: Изд-во Петро-РИФ, 1998. – 482 с.
2. Вода России. Водохранилища /Под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд. «АКВА-ПРЕСС», 2001.- 700с.
3. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища.: Гидрометеоиздат, 1977. -204 с.
4. [http:// www.meteo.ru/tech/aisori](http://www.meteo.ru/tech/aisori) (дата обращения 10.12.2010).
5. Рядченко С.Г. Устойчивые методы оценивания статистических моделей /. Рядченко С.Г. – К.:ПП «Санспарель», 2005. – 504 с.
6. РД 52.27.759-2011 Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Часть III. Служба морских гидрологических прогнозов. – Москва: Триада ЛТД, 2011. –190 с.

Шаврак Елена Игнатьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология», Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». E-mail: mephi2013@yandex.ru

Шаврак Дмитрий Сергеевич – инженер, Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт). E-mail: ds.chernishov@yandex.ru

Татевосова Майя Рафиковна – ассистент кафедры «Инженерная экология», Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». E-mail: ec__2004@front.ru

Shavrak Elena I. – candidate of Technical Science, docent of Engineering Ecology Department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: mephi2013@yandex.ru

Shavrak Dmitri S. – engineer, South-Russian State Technical University (Novochercassk Politechnical Institute). E-mail: ds.chernishov@yandex.ru

Tatevosova Maiya R. – assistant of Engineering Ecology Department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: ec__2004@front.ru

УДК 574: 502.211 (470.61)

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ РЫБ В ПРИПЛОТИННОМ ПЛЁСЕ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.В. Хоружая, С.В. Яковлев

<i>Волгоградское отделение Государственного научно- исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ВО ГосНИОРХ)</i>	<i>Volgograd branch of the State Scientific- Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKH)</i>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Проведён сравнительный анализ эффективности размножения рыб на разных нерестовых участках Приплотинного плёса Цимлянского водохранилища. Показано соотношение промысловых и непромысловых видов рыб в уловах молоди за период 2001–2009 гг. Установлено снижение уровня воспроизводства высокопродуктивных видов рыб в десятки, а на отдельных участках, в сотни раз. Даются практические рекомендации для восстановления баланса в структуре ихтиоценоза и мероприятия по гидротехнической мелиорации естественных нерестилищ. На сопряжённой с водоёмом-охладителем Ростовской АЭС акватории Приплотинного плёса необходимо продолжить ихтиомониторинг в связи с планируемой продувкой охладителя.

Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, Приплотинный плёс, нерестовые участки, ихтиофауна, видовой состав, урожайность молоди, уровень естественного воспроизводства.

Comparative analysis of reproduction effectiveness on different spawning grounds has been taken for Priplotinnj stretch of Tsimlyanskoye water reservoir. Fishery to non-fishery ratio in tiny fish's landings of 2001–2009 has been shown. As investigated the reduction of reproduction level for high-yielding species varies from dozens to hundred in several areas. The practical recommendation for fish community structure normalizing and hydro technical improvement of natural spawning grounds has been given. Further fishery monitoring in cooling water pond of Rostov atomic power station must be continued in view of planned cooling pond expulsion.

Keywords: Tsimlyanskoye water reservoir, Priplotinnj stretch, spawning grounds, fish fauna, species composition, level of crop yield, natural reproduction level.

Цимлянское водохранилище, созданное в 1952 году, по величине уловов и ценности видового состава промыслового ихтиокомплекса является крупнейшим среди аналогичных рыбохозяйственных водоёмов России.

Максимальный вылов был достигнут в 1989 году – 16 тыс. т, в последующие годы началось неуклонное снижение объемов рыбодобычи, и в настоящее время в среднем составляет 7,5 тыс. тонн (при колебании 6,2-10,0 тыс. т.).

Современный видовой состав рыб Цимлянского водохранилища представлен 67-ю видами, входящими в 53 рода и 12 семейств. Наиболее многочисленным является семейство карповых – 32 представителя, среди которых находятся основные промысловые рыбы водоема. [1]

Из указанного перечня 59 видов являются аборигенами, 8 – вселенцами. В состав

промыслового ихтиокомплекса Цимлянского водохранилища в настоящее время входят 17 видов, по ним определяется прогноз общего допустимого улова (ОДУ). В указанном числе видов более половины – 55% приходится на ценные промысловые объекты. Динамика запасов рыб в водоёмах определяется рядом факторов, среди которых, наряду с промыслом, значительную роль играет уровень пополнения популяций молодь.

В целях выяснения перспектив формирования промысловых стад рыб в результате естественного воспроизводства в Цимлянском водохранилище с момента его образования ведутся постоянные наблюдения за эффективностью нереста и численностью новых поколений. Ежегодно в июле-августе проводятся ихтиологические исследования прибрежной зоны водохранилища по определённой сетке станций мальковой волокушей длиной 30 м в сопровождение других элементов биомониторинга. Показателем эффективности воспроизводства является «урожайность» молоди – средний улов сеголетков на одно притонение мальковой волокуши.

Приплотинный плёс представляет наиболее глубоководную часть Цимлянского водохранилища, с наличием балок и заливов. Здесь выделяется семь участков, наиболее значимых в естественном воспроизводстве рыб: Кривская, Жуковская, Сухо-Солёновская, Терновская и Калининская балки, Новоцимлянский залив и район Кучугур.

Роль различных нерестовых участков в естественном воспроизводстве рыб Приплотинного плёса в многолетнем аспекте отражено в таблице 1.

Данные таблицы представлены в сравнительном аспекте за три периода наблюдений (1960–1984, 1985–2000, 2001–2009 гг.), что даёт возможность оценить трансформацию условий размножения рыб на этих участках в отношении тех или иных видов.

Анализ многолетних материалов показал, что рыбы реофильного комплекса, такие как ёрш обыкновенный и донской, белоглазка, начиная с 80-х годов, почти полностью выбыли из состава рыбного населения Приплотинного плёса. Елец в эти годы встречался только в Жуковской балке, жерех в Кривской и Сухо-Солёновской, но за истекшие 9 лет (2001–2009 гг.) в уловах молоди эти виды не отмечены. Присутствие язя наблюдалось в первый период (1960–1984 гг.) на всех семи участках, позднее (1985–2000 гг.) ареал его распространения сокращался, в настоящее время он регистрируется единичными экземплярами только на Кучугурах и в Новоцимлянском заливе.

Для ценных промысловых видов – судака, леща и сазана характерно перераспределение нерестовых угодий в пределах Приплотинного плёса. Этот процесс связан с ухудшением условий воспроизводства на одних участках и сохранением или формированием благоприятной нерестовой обстановки на других. Так, у леща наибольшее количество сеголетков наблюдалось в период с 1985 по 2000 годы в Калининской, Терновской балках и Новоцимлянском заливе.

К 2001–2009 гг. уровень воспроизводства леща на фоне предшествующего периода (1985–2000 гг.) снизился в десятки раз: так, на Кучугурах число сеголетков леща сократилось в 50 раз, составляя менее трёх штук на замёт.

Уровень воспроизводства судака в начале 80-х годов сохранялся прежним в Терновской, Сухо-Солёновской балках, Новоцимлянском заливе, на Кучугурах составляя от 2,5 до 5,6 шт./зам. и существенно увеличился с 8 до 39 шт./зам. в Калининской, Кривской, Жуковской балках. В современный период 2001 – 2009 гг.,

Таблица 1 – Сравнительная эффективность размножения рыб на различных нерестовых участках Приплотинного плёса в многолетнем аспекте, шт./замёт волокуши

Виды рыб	Кривская балка			Жуковская балка			Сухо-Солёновская балка			Терновская балка		
	1960-1984	1985-2000	2001-2009	1960-1984	1985-2000	2001-2009	1960-1984	1985-2000	2001-2009	1960-1984	1985-2000	2001-2009
	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам
Ерш донской												
Ерш обыкн.				0,43			0,77			1,36		
Белоглазка	0,30			0,50			0,01					
Пескарь												
Елец					0,52							
Берш	17,49	4,17		3,11	17,37		6,91	0,86		0,86	0,55	0,11
Судак	3,53	15,55	0,11	0,62	38,68	0,10	5,56	5,40	0,20	5,40	5,61	1,32
Лещ	172,32	48,68	1,42	42,14	131,60	0,40	26,91	58,96	7,70	58,96	217,16	5,63
Синец	11,37	0,79		0,15	1,43		2,18	0,16		0,16		
Сазан	0,06	0,68	0,16	17,84	2,50	0,25	2,53	12,00	0,20	12,00	97,09	0,37
Плотва	80,74	239,80	64,11	114,12	1723,90	109,10	31,72	69,14	1365,10	69,14	1278,70	107,68
Густера	20,81	75,80	75,11	14,75	99,30	1,75	19,82	7,48	27,70	7,48	481,13	24,63
Жерех	0,06	0,10		0,06			0,41	0,01		0,01		
Язь	2,01			2,01			3,54	1,17		1,17		
Окунь	2,90	4,25	1,37	9,14	6,90	2,80	1,62	4,14	145,20	4,14	7,68	7,74
Карась сер.	0,02	12,87	10,53	0,01	67,53	74,85			157,60		710,09	44,05
Бычки	11,05	27,30	59,47	23,86	69,17	328,95	13,99	16,24	23,30	16,24	164,04	38,89
Уклея	7,26	15,72	235,53	13,59	56,51	299,25	17,71	9,02	53,10	9,02	110,60	91,37
Щиповка					0,05				0,10			
Игла		0,58	0,37	0,13	20,97	3,75			0,10		16,09	0,47
Краснопёрка			23,32	0,05	0,40	3,65	1,11	0,07	9,20	0,07	6,27	1,95
Щука	0,64			0,14	0,10		0,46		0,00		1,96	
Горчак	0,21	0,50	98,16	1,20	21,60	83,35	0,04	0,10	2,80	0,10	0,68	0,37
Ам.Чебачок			23,79			33,80			0,30			0,84
Верховка			7,84			21,95			33,20			11,47
Тюлька			103,58			34,45			42,50			78,79
Рыбец									0,20			
Сельдь			8,74			0,45			0,70			0,95
Всего	330,77	446,79	713,58	243,85	2258,53	998,85	135,29	184,75	1869,2	186,09	3097,65	416,63

Продолжение таблицы 1

Виды рыб	Калининская балка			Новоцимлянский залив			Кучугуры			Мокр.Сол.	Дамба АЭС
	1960-1984	1985-2000	2001-2009	2007-2009	1985-2000	2001-2009	1960-1984	1985-2000	2001-2009	2001-2002	2009
	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам	шт./зам
Ерш донской	0,47						0,002				
Ерш обыкн.	0,26										
Белоглазка							22,609				
Пескарь											
Елец											
Берш	1,73	0,18		6,15	0,98	0,25	1,348	3,10			
Судак	1,97	7,86	1,58	3,41	2,53	0,75	2,796	3,63	0,29	1,50	
Лещ	128,28	175,05	7,74	76,49	216,21	23,21	210,440	143,78	2,71	10,50	0,50
Синец	0,90	1,50		1,35	1,39		15,055	7,40			
Сазан	2,57	17,46	0,47	44,13	7,02	0,61	11,674	7,94	0,42	0,25	
Плотва	154,87	675,27	205,84	49,36	632,47	83,93	118,340	1277,60	566,39	2050,50	5,50
Густера	4,42	305,77	15,58	17,43	725,89	40,64	21,752	317,10	9,29	11,50	1,00
Жерех							0,013				
Язь	0,95			3,64	1,12	1,07	4,587	0,20	0,03		
Окунь	4,14	7,14	5,89	6,10	3,12	34,96	15,657	119,88	2,35	6,75	1,00
Карась сер.		360,86	139,26		63,43	15,39		102,88	22,52	18,25	0,00
Бычки	21,21	85,50	38,05	14,14	103,61	16,00	234,300	31,24	34,48	4,25	5,00
Уклея	10,40	127,09	450,79	87,10	291,42	131,14	56,930	588,46	43,81	52,50	2,50
Щиповка					0,08						
Игла		4,55	3,05		1,60	0,50	0,087		1,42		
Краснопёрка	0,08		3,89	0,98	15,02	2,79	0,530	11,52	2,06	7,50	
Щука		0,18		0,13	0,15	0,07	0,130	3,60			
Горчак			11,32	5,48					0,48	4,00	
Ам. Чебачок			0,05			0,46			4,97	5,00	
Верховка			6,16			0,04			0,32	15,25	
Тюлька			98,89			50,00			37,19		0,25
Рыбец			0,05			0,04			0,06		
Сельдь			0,95			0,11			1,32	0,25	
Всего	332,23	1768,40	989,58	315,87	2066,03	401,96	716,25	2618,33	730,13	2188,00	15,75

повсеместно наблюдается снижение уровня воспроизводства этого вида, составляя минимальное количество (от 0,1 до 1,5 шт./зам.).

В настоящее время, в целом по Приплотинному плёсу, доля хищных видов рыб в уловах молоди характеризуется весьма низкими величинами. Видовой состав их насчитывает только четыре вида, и удельный вес их (судака, берша, щуки) составляет менее 1%, окуня 2,5%.

Интенсивность нереста сазана с 1985 по 2000 гг. на фоне предшествующего периода (1960–1984 гг.) возросла в 3–8 раз в Сухо-Солёновской, Терновской и Калининской балках, а на других участках она снизилась примерно на такую же величину.

На современном этапе наблюдается повсеместное уменьшение численности сеголетков сазана: в Кривской, и Жуковской балках до 10 раз, на Кучугурах в 18 раз, в Новоицмлянском заливе и Сухо-Солёновской до 60 раз. Максимальное же сокращение уровня его воспроизводства отмечено в Терновской балке – в 260 раз.

Во втором периоде, характерно практически повсеместно усиление воспроизводства низкопродуктивных и малоценных видов рыб на всех нерестовых участках Приплотинного плёса. Самым распространённым видом является плотва. Встречаемость её молоди приближается к 100%. Следует отметить, что наиболее продуктивные нерестилища плотвы располагались в Терновской балке и Кучугурах, густеры в Новоицмлянском заливе, серебряного карася в Терновской и Калининской балках.

Данные таблицы 2 дают представление о градации нерестовых участков Приплотинного плёса по их значимости в воспроизводстве основных видов рыб. Среди них было выделено две группы, внутри каждой получены суммарные уровни воспроизводства – группа высокопродуктивных видов (берш, судак, лещ, синец и сазан) и группа низкопродуктивных видов (плотва, густера, карась).

Таблица 2 – Многолетняя динамика эффективности естественного воспроизводства высокопродуктивных и малопродуктивных групп рыб на нерестовых участках Приплотинного плёса, шт./замёт 30-метровой мальковой волокуши

Нерестовые участки	Высокопродуктивные виды			Малопродуктивные виды		
	1960 – 1984 гг.	1985 – 2000 гг.	2001– 2009 гг.	1960 – 1984 гг.	1985 – 2000 гг.	2001– 2009 гг.
Кривская балка	204,75	69,87	1,69	101,57	328,47	149,75
Жуковская балка	63,86	191,58	0,75	128,88	1890,73	110,85
Сухо-Солёновская балка	44,09	77,38	8,10	51,54	76,62	1550,40
Терновская балка	77,38	320,41	7,47	76,61	2469,90	176,36
Калининская балка	135,45	202,05	9,79	159,29	1341,91	360,68
Новоицмлянский залив	131,52	228,13	24,82	66,79	1421,79	139,96
Кучугуры	241,31	165,84	3,42	140,09	1697,58	598,20

В течение первого периода исследований, начало 60-х – середина 80-х годов, наибольшая эффективность естественного воспроизводства высокопродуктивных видов рыб наблюдалась на Кучугурах и в Кривской балке. Снижение этого показателя по нерестовым угодьям располагаются в следующем порядке: Калининская балка, Новоцимлянский залив, Терновская, Жуковская и Сухо-Солёновская балки.

Позднее, в результате ухудшения среды обитания размножение рыб на различных нерестовых участках существенным образом изменилось. В воспроизводстве высокопродуктивных видов только Терновская балка сохранила относительную значимость в эффективности нереста (320,4 шт./зам.). Повышение уровня воспроизводства здесь произошло в 4 раза за счёт леща. Отмечено снижение эффективности воспроизводства для высокопродуктивных рыб на Кучугурах почти в 1,5 раза – хотя этот участок всегда был одним из наиболее ценных в естественном воспроизводстве рыб в данном районе водохранилища.

В современный период на фоне других предшествующих по всем нерестовым угодьям Приплотинного плёса регистрируется ярко выраженное снижение уровня воспроизводства высокопродуктивных видов рыб, в десятки, а на отдельных участках в сотни раз.

Иной выглядит ситуация по степени воспроизводства среди малопродуктивных видов при сравнении данных первого периода (1960–1985 гг.) с настоящим (2001–2009 гг.). На всех исследуемых участках наблюдается увеличение уровня воспроизводства. Нужно отметить, что в трёх балках – Терновской, Калининской и Сухо-Солёновской, удельный вес серебряного карася в уловах молоди колеблется от 7 до 28%. В более ранние периоды в Сухо-Солёновской балке он не встречался. Биологические особенности этого вида (порционность икротетания, высокая абсолютная плодовитость, неприхотливость к условиям размножения, богатая кормовая база) позволили ему за сравнительно короткий период (с 1986 г.) создать стадо высокой численности и к 2007 г. занять первое место, составляя 38% от общего объема вылова рыбы по Цимлянскому водохранилищу.

Из всего перечня нерестовых районов Приплотинного плёса в настоящее время только в Новоцимлянском заливе отмечены сравнительно высокие значения уровня воспроизводства по высокопродуктивным видам рыб. Максимальные показатели воспроизводства среди малоценных рыб наблюдаются в Сухо-Солёновской балке, на Кучугурах и в Калининской балке.

Для восстановления баланса в трофической структуре ихтиоценоза необходимы разработка и проведение ряда мероприятий по двум направлениям – экологическому и промысловому. Экологическое включает ряд мероприятий по гидротехнической мелиорации естественных нерестилищ, существенным элементом которой является углубление проходов для рыб к местам нереста. Биологическая мелиорация заключается в выпуске в водоём рыб-мелиораторов – белого амура, черного амура, белого толстолобика, с предварительным определением нормативов вселения.

Целесообразно произвести реконструкцию ихтиофауны с целью увеличения численности ценных хищных рыб для подавления сорных и повышения рыбопродуктивности. Промысловое направление включает интенсификацию отлова низкопродуктивных видов рыб, разработку и внедрение мероприятий по рациональному ведению рыбного хозяйства на Цимлянском водохранилище.

Литература

1. Архипов Е.М., Яковлев С.В., Болдырев В.С. Видовой состав ихтиофауны бассейна реки Дон выше плотины Цимлянской ГЭС. Сб.ГосНИОРХ. Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе (к 50-летию Волгоградского отделения ГосНИОРХ). СПб, 2002, ООО «Квинта Северо-Запад», 62-68 с.

Хоружая Виктория Васильевна – заведующая лабораторией водохранилищ и рек, Волгоградское отделение Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. E-mail: denis-2000@yandex.ru

Яковлев Сергей Валентинович – заместитель директора, Волгоградское отделение Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. E-mail: jack_sv@mail.ru

Khoruzhaya Victoria V. – manager of laboratory of reservoirs and rivers, Volgograd branch of the State Scientific-Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKH). E-mail: denis-2000@yandex.ru

Yakovlev Sergey V. – deputy director, Volgograd branch of the State Scientific-Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKH). E-mail: jack_sv@mail.ru



УДК 574:621.311.25 (470.61)

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ РОСТОВСКОЙ АЭС ПЕРЕД НАЧАЛОМ ЕГО ПРОДУВКИ

**О.И. Горская, С.Г. Калинина, Г.В. Кравцова, Л.А. Черешнева, С.В. Ракуть,
Е.В. Випхло, М.С. Бублик**

<p style="text-align: center;"><i>Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»; Волгоградское отделение Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ВО ФГНУ ГосНИОРХ)</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Kontsern Rosenergoatom branch of JSC «Rostov nuclear station»; Volgograd Division State Institute for Lake and River Fisheries (FGNU GOSNIORKH)</i></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Представлены результаты современного гидробиологического режима водоема-охладителя Волгодонской АЭС и прилегающей акватории Цимлянского водохранилища. Даны структурно-функциональные характеристики основных водных сообществ, которые являются частью начального этапа биомониторинга связанного с предстоящей продувкой охладителя. Материалы необходимы для дальнейшей оценки влияния продувки на гидробиотическое состояние охладителя и Приплотинного плеса Цимлянского водохранилища.

Ключевые слова: гидробиологический режим, Цимлянское водохранилище, водоем-охладитель, Волгодонская АЭС, водные сообщества, структурно-функциональные характеристики, продувка.

The results of modern hydrobiological regime of the cooling reservoir of the Volgodonsk nuclear power plant and the adjoining areas Tsimlyansk reservoir. Given the structural and functional characteristics of the major aquatic communities that is part of the initial phase of biomonitoring associated with the upcoming scavenging cooler. These materials are required to further assess the effect of scavenging on the hydrobiological state cooling reservoir and Dam reach Tsimlyansk reservoir.

Keywords: hydrobiological regime, Tsimlyansk reservoir, cooling reservoir, Volgodonsk nuclear power plant, aquatic community, structural and functional characteristics, scavenging.

Формирование биоты охладителя Ростовской АЭС с момента его существования до настоящего времени находится в тесной зависимости от ряда определяющих факторов, связанных с особенностями водоема: повышенной температурной нагрузки, возрастающего уровня минерализации воды, степени зарастаемости макрофитами, режима биогенных веществ, характера аборигенной и интродуцируемой ихтиофауны, а также непроточности, мелководности и отсутствия резких колебаний уровня. В настоящее время в водоеме-охладителе сформировался режим повышенной минерализации за счет сульфатов и хлоридов, превышающих фоновые значения в 2-4 раза. В связи с сокращением площадей зарастания макрофитами отмечено значительное увеличение содержания в воде биогенов, особенно нитратов: до 3,6-8,8 мг/л, азота аммонийного – до 0,15-0,33, фосфора – до 0,12-0,36 мг/л регистрируются также и загрязняющие вещества – медь, цинк, железо.

В связи с вводом в эксплуатацию энергоблока №2, а также в целях снижения

уровня минерализации в чаше охладителя планируется частичная замена объема воды путем сифонирования воды в Приплотинный плёс и закачка свежей воды из того же плёса насосной станцией (этот технологический процесс называется продувкой). В результате указанного мероприятия следует ожидать изменения гидробиологического режима, как в водоеме-охладителе, так и в сопряженной акватории Приплотинного плёса.

Представленные в настоящей статье материалы являются началом биомониторинга, связанного с предстоящей продувкой охладителя, где использованы исходные данные Волгоградского отделения ФГНУ ГосНИОРХ, филиала концерна «Росэнергоатом «Ростовская атомная станция», АзНИИРХ.

Исследования высшей водной растительности на водоеме-охладителе в течение многих лет показали высокую степень его зарастания, чему способствуют непроточность, небольшие глубины, отсутствие резких колебаний уровня и повышенный температурный фон.

Сообщество макрофитов водоема представлено двумя экологическими группами водных растений: жесткой – воздушно-водной (главным образом – тростник обыкновенный, рогоз узколистный, камыш озерный) и мягкой погруженной (различные виды рдестов, уруть, хара, валлиснерия, роголистник и др.).

Общая площадь зарослей водных растений на конец 90-х годов достигала 90% площади водоема. К 2004 г., в связи с проведением биомелиоративных мероприятий по вселению в водоем белого амура, она уменьшилась до 70% и продолжает снижаться к настоящему времени. По состоянию на 2006г. сократился видовой состав водных растений, прежде всего погруженных, а также занимаемая ими площадь. Участки зарослей мягкой растительности составили всего 23% акватории водоема. Отмечено значительное снижение продуктивности мягкой растительности, максимальная плотность покрытия дна которой достигает 1,12 кг/м².

Однако, общая зарастаемость пруда макрофитами продолжает оставаться высокой, что обуславливает значительную роль высшей водной растительности в продуцировании первичного органического вещества водоема и определенное участие в системе внутриводоемных процессов (использование биогенов и загрязняющих веществ, образования детритных пищевых цепей).

По результатам визуальных наблюдений в августе-сентябре 2009 г. общая площадь зарастаний высшей водной растительностью акватории охладителя составила приблизительно 30%. Из них примерно 1/3 часть представлена разреженными ассоциациями рдестовых и роголистника. Жесткая растительность, сформированная тростником и рогозом, образует более плотные заросли, преимущественно в зоне сильного подогрева. Ориентировочно, на настоящее время, продукцию мягкой растительности можно оценить величиной 0,4-0,6 кг/м².

Интенсивность развития планктонной флоры в охладителе в основном находилась в зависимости от степени зарастания макрофитами, которые «перехватывали» биогены и от наличия в водоеме интродуцента – белого толстолобика, типичного потребителя планктонных водорослей. До 2008 г. эти факторы ограничивали активную вегетацию сообщества и оказывали на него значительный пресс. Средневегетационная биомасса фитопланктона в этот период не превышала 1,0-2,0 г/м³ и только в летний сезон достигала 4,0 г/м³ (рисунок 1). С 2008 г. вселение толстолобика было прекращено, осуществлялся только вылов. Для улучшения кормовой базы была проведена альголизация охладителя штаммом хлореллы. Эти условия активизировали развитие планктонной флоры, расширили видовой спектр.

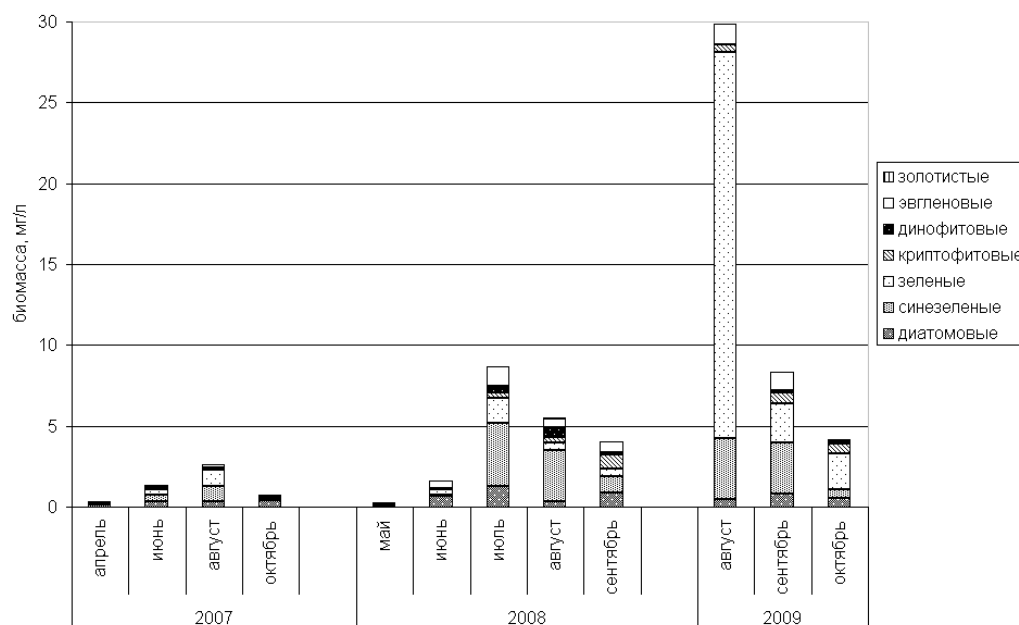


Рисунок 1 – Структура и интенсивность развития фитопланктона водоема-охладителя Ростовской АЭС в 2007-2009 гг.

В настоящее время сообщество характеризуется значительным разнообразием (370 видов и разновидностей, с преимуществом представителей зеленых – 34%). В флористическом составе регистрируются широко распространенные формы, характерные для небольших мелководных, слабосоленых водоемов, с обильным зарастанием макрофитами, с типичным комплексом мезогалобов по отношению к солености, с индикаторами β-мезосапробами, характеризующими умеренное загрязнение водоема – III класс вод. [1,2]

Сезонная динамика структурно-функциональных характеристик сообщества планктонной флоры соответствует эвтрофным водоемам умеренной зоны с доминирующим комплексом типичных космополитов: из синезеленых рр. *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria*; из диатомовых рр. *Nitzschia*, *Stephanodiscus*; из криптофитовых рр. *Chroomonas*, *Cryptomonas*, *Rhodomonas*, из зеленых виды рр. *Chlamydomonas*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*. В составе экологических группировок регистрируется комплекс мезогалобов – типичных представителей (индикаторов) континентальных солоноватых вод (*Amphiprora paludosa*, *Nitzschia reversa*, *Pleurosigma elongatum*, *Anabaena bergii*, *Binuclearia lauterbornii*).

Следует отметить, что в охладителе сформировался собственный альгоценоз и сходство с таковым в Цимлянском водохранилище составляет всего 30%. Обильного летне-осеннего «цветения» синезеленых в исследуемом водоеме не наблюдается, в то время как в Приплотинном плёсе оно достигает значительных концентраций 20-50 г/м³, в нагонах до 1500 г/м³.

По данным 2009 г. в охладителе среднелетняя биомасса фитопланктона достигала 12,0 г/м³, соответственно, рассчитанная величина продукции сообщества была равна 25,0 г/м². Эти показатели характеризуют водоем как «высококормный», способный обеспечить пищей водные организмы последующих трофических уровней (табл. 1).

Таблица 1 – Биомасса (В) и продукция (Р) фитопланктона водоема-охладителя за 2006-2009 гг.

Год	В, мг/л (г/м ³)	Р ₁ , мг/л (г/м ³)	Р ₂ , г/м ²
2006 (май, август, ноябрь)	1,005	0,704	2,111
2007 (май-октябрь)	0,621	0,435	1,304
2008 (май-сентябрь)	2,854	1,998	5,993
2009 (август-октябрь)	11,960	8,372	25,116

Планктонная фауна охладителя по видовому составу идентична Приплотинному плёсу. Доминирующий спектр коловраток представлен *Keratella quadrata*, *Asplanchnopus hyalinus*, *Asplanchna priodonta*, рачковый комплекс составляют: *Heterocope caspia*, *Moina macrocopa*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina longirostris*, *Podonevadne trigona*, *Eurytemora grimmi* и *Calanipeda aqua-dulcis*.

По интенсивности развития зоопланктон 2007-2009 гг. регистрировался как относительно стабильный, с биомассой 844-1454 мг/м³, основу которой формировал рачковый комплекс (табл. 2).

Таблица 2. – Биомасса и продукция зоопланктона водоема-охладителя (по материалам 2007-2009 гг.), рассчитанная по Р/В коэффициентам

Группы организмов	2007 г. май-октябрь		2008 г. май-сентябрь		2009 г. август-октябрь	
	В*	Р**	В*	Р**	В*	Р**
Коловратки	39,5	1,42	21,8	0,79	125,21	4,51
Кладоцеры	71,5	1,93	384,19	10,37	586,63	15,84
Копеподы	1343,12	16,12	813,36	9,76	132,20	1,59
Всего	1454,1	19,47	1219,35	20,92	844,04	21,93

Примечание. * В – биомасса, мг/м³, ** Р – продукция, г/м³.

По индексу сапробности виды-индикаторы зоопланктона характеризуют воду водоема-охладителя как умеренно-слабозагрязненную, II-III класса.

Развитие всех групп зоопланктона, динамика их численности и биомассы в охладителе, подчиняются общим закономерностям, свойственным водоемам умеренной зоны, в том числе и Цимлянскому водохранилищу. [3,4] Максимальный пик развития исследуемого сообщества водоема-охладителя приходился на июль. Одной из вероятных причин возрастания количественных показателей зоопланктона в современный период является вселение штамма *Chlorella vulgaris*, которая оказалась стимулирующим фактором для активной вегетации фитопланктона (биомасса которого за лето возросла в 5 раз относительно 2006-2007 гг.). Эти факторы улучшили пищевые условия зоопланктонных организмов и их биомасса в 2007-2009 гг. увеличилась в 5,0 раз относительно предыдущих лет (1999-2006 гг.). Определенное значение имеют детритные связи за счет отмирания высшей водной растительности.

В современный период продукционные показатели сообщества (продукция 21,0г/м³) свидетельствуют, что в водоеме существует резерв неиспользованной пищи, в



основном из-за отсутствия потенциальных потребителей зоопланктона, в частности, рыб-планктофагов, что предполагает их дополнительное вселение.

В составе донной фауны водоема-охладителя в летне-осенний период 2009 г. было зарегистрировано 28 видов макрозообентоса. Основу биотического разнообразия составили личинки хирономид, олигохеты и высшие ракообразные. В категорию массовых (с частотой встречаемости от 50 до 83%) входило 8 видов: *Corophium curvispinum*, *Dikerogammarus haemobaphes* из ракообразных, *Potamothrix moldaiensis*, *Limnodrilus claparedeanus* из олигохет, *Hypaniola kowalewskii* из полихет, *Dreissena polymorpha*, *Hypanis (Monodacna) colorata* из моллюсков и *Chironomus plumosus* из личинок хирономид. При этом наиболее существенный вклад в суммарные показатели бентоса из них вносили – *Dreissena polymorpha*, *Hypanis (Monodacna) colorata*, *Corophium curvispinum*, *Dikerogammarus haemobaphes* и *Limnodrilus claparedeanus*. Интенсивность развития донной фауны характеризовалась величинами – 5489 экз./м² и 80,288 г/м², в т.ч. «мягкого» 4495 экз./м² и 4,094 г/м² (табл. 3).

Основу макрозообентоса составили моллюски (18% численности и 95% биомассы) и ракообразные (64% и 4%, соответственно).

Сезонные изменения структурно-функциональных характеристик бентоса водоема-охладителя в целом подчиняются общим закономерностям, наблюдаемым в водоемах юга Европейской части РФ.

Максимальное развитие донных организмов регистрировалось в зоне водозабора и в районе прибрежных зарослей с доминирующими группами моллюсков и ракообразных.

Таблица 3 - Динамика развития зообентоса водоема-охладителя в летне-осенний период 2009 г., средние показатели численности (экз./м²) и биомассы (г/м²) по станциям наблюдений

Группы организмов	Август		Сентябрь		Октябрь		В среднем по водоему	
	экз./м ²	г/м ²	экз./м ²	г/м ²	экз./м ²	г/м ²	экз./м ²	г/м ²
Олигохеты	207	0,10	527	0,34	513	0,41	416	0,29
Полихеты	133	0,15	207	0,25	280	0,54	206	0,31
Ракообразные	3027	2,15	4817	2,64	2733	4,55	3526	3,11
Хирономиды	340	0,19	147	0,11	507	0,78	331	0,36
Моллюски	680	20,56	1130	172,40	1187	35,63	999	76,19
Прочие	0	0	7	0,02	40	0,07	16	0,02
Общий бентос	4387	23,14	6835	175,76	5260	41,99	5489	80,29
В т.ч. «мягкий» бентос	3707	2,59	5705	3,36	4073	6,36	4495	4,09

В многолетнем аспекте структура бентофауны водоема претерпела ряд изменений: уменьшилось число видов моллюсков и высших ракообразных, но расширился видовой спектр олигохет и личинок хирономид. В составе донного сообщества водоема-охладителя регистрируются идентичные виды, характерные для Приплотинного плёса. [5] Массовые формы и виды-доминанты являются олигогалинными, обладающими большей или меньшей выносливостью к осолонению

вод, свойственными для мелководных водоемов, эвритермичными лито- и фитофилами [6], что позволило им наиболее интенсивно развиваться в сложившихся условиях охладителя.

Интенсивность развития сообщества с 2003-2009 гг. регистрировалась как относительно низкое и стабильное, с биомассой на уровне $200,0 \text{ г/м}^2$, с некоторым снижением в 2004-2006 гг. до $81-39 \text{ г/м}^2$. Подобные межгодовые флуктуации в развитии зообентоса естественны для водоема и связаны, прежде всего с характером формирующейся аборигенной ихтиофауны, в частности с преимущественным наличием бентофагов и объемами вселения интродуцентов – черного амура и карпа – потребителей донных организмов.

В настоящее время продуктивность донного сообщества невысока и в среднем составила 120 г/м^2 дна общего бентоса, в т.ч. 21 г/м^2 «мягкого», что свидетельствует о значительном потреблении зообентоса водными организмами, особенно рыбами-бентофагами, которые преобладают в составе аборигенного ихтиоценоза. [7]

Литература

1. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006, 498 с.
2. Гусева К.А. «Цветение» воды, его причины, прогнозы и меры борьбы с ним. – Тр. ВГБО, т. IV. – М. 1952. с. 3-92.
3. Гламазда В.В. Динамика зоопланктона Цимлянского водохранилища (по материалам 1966 – 1968 гг.). // Труды Волгоградского отделения ГосНИОРХ, т. 5, 1971с. 25-44.
4. Гламазда В.В. Современное состояние зоопланктона Цимлянского водохранилища и его продукция.//Сборник научных трудов ГосНИОРХ, вып. 184, 1982с. 30 – 34.
5. Горелов В.П. Состояние донных кормовых ресурсов Цимлянского водохранилища (по данным 1998-1999 гг.)// Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе (к 50-летию Волгоградского отделения ГосНИОРХ) С-Пб, 2002,с. 53-61.
6. Мордухай-Болтовской. Каспийская фауна в Азово-черноморском бассейне. Москва-Ленинград. Изд-во Академии наук СССР, 1960. 288 с.
7. Вехов Д.А. Рыбное население водоема-охладителя Волгодонской АЭС.//Наст. сборник.

Горская Ольга Ивановна – начальник отдела контроля экологической безопасности Ростовской АЭС.

Калинина Светлана Григорьевна – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией водной экологии Волгоградского отделения Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ВО ФГНУ ГосНИОРХ). E-mail: gosniorch@gmail.com

Кравцова Галина Васильевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории водной экологии Волгоградского отделения Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ВО ФГНУ ГосНИОРХ).

Черешнева Людмила Анатольевна – научный сотрудник лаборатории водной экологии Волгоградского отделения Государственного научно-исследовательского



института озерного и речного рыбного хозяйства (ВО ФГНУ ГосНИОРХ).
E-mail: chere-lu@yandex.ru

Ракуть Светлана Владимировна – старший научный сотрудник лаборатории водной экологии Волгоградского отделения Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ВО ФГНУ ГосНИОРХ).

Випхло Екатерина Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории водной экологии Волгоградского отделения Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ВО ФГНУ ГосНИОРХ). E-mail Viphloeka@yandex.ru

Бублик Мария Сергеевна – инженер отдела контроля экологической безопасности Ростовской АЭС.

Gorskaya Olga I. – the head of department of control of ecological safety of the Rostov Nuclear Power Plant.

Kalinina Svetlana G. – candidate of Biology, managing laboratory of water ecology of the Volgograd Division State Institute for Lake and River Fisheries (FGNU GOSNIORKH). E-mail: chere-lu@yandex.ru

Kravtsova Galina V. – candidate of Biology, the senior research associate of laboratory of water ecology of the Volgograd Division State Institute for Lake and River Fisheries (FGNU GOSNIORKH).

Chereshneva Lyudmila A. – the research associate of laboratory of water ecology of the Volgograd Division State Institute for Lake and River Fisheries (FGNU GOSNIORKH). E-mail: chere-lu@yandex.ru

Rakut Svetlana V. – the-senior research associate of laboratory of water ecology of the Volgograd Division State Institute for Lake and River Fisheries (FGNU GOSNIORKH).

Viphlo Ekaterina V. – the-junior research associate of laboratory of water ecology of the Volgograd Division State Institute for Lake and River Fisheries (FGNU GOSNIORKH). E-mail Viphloeka@yandex.ru

Bublik Maria S. – the engineer of department of control of ecological safety of the Rostov Nuclear Power Plant.

УДК 574.52:597.2/.5:621.039 (282.247.363.6-194.2:470.61)

РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ РОСТОВСКОЙ АЭС

Д.А. Вехов

<i>Волгоградское отделение Государственного научно- исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства</i>	<i>Volgograd Division State Institute for Lake and River Fisheries</i>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

Приводятся сведения по изменению состава и численности рыбного населения водоема-охладителя Ростовской АЭС, обсуждаются вероятные причины этих изменений.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, водоем-охладитель, рыбное население

The changes in composition and abundance of different fish species in the cooling reservoir of the Rostov Nuclear Power Plant are described; also possible causes of these changes are discussed.

Keywords: Rostov NPP, cooling reservoir, fish assemblage

Водоем-охладитель Ростовской АЭС молодой водоем, строительство которого началось в 1980 г., закончилось в 2000 г., с 2001 г. водоем эксплуатируется по своему основному назначению.

Исследование биоценозов, существующих в водоемах подобного типа, важно как с точки зрения использования их состояния как показателя негативного воздействия АЭС на природные сообщества, так и в связи с изучением особенностей существования биоценозов в специфических условиях среды. Опубликованные материалы о рыбном населении водоема-охладителя Ростовской АЭС содержат только отрывочные сведения по составу ихтиофауны и оценки общей биомассы рыбы до пуска станции. [1] Целью данных исследований была оценка текущего состояния рыбного населения в водоеме-охладителе Ростовской АЭС и выявление изменений, произошедших в водоеме со времени его образования.

Материал собирался на водоеме-охладителе Ростовской АЭС в августе-сентябре 2009 г.

Оценку состава и численности рыб в водоеме проводили по уловам сетей. Выставлялись сети с ячейей 30, 40, 45, 50, 70, 100 мм. Сети выставлялись в средней части водоема. Всего было обработано 12 сутко/сетей. При расчетах длина сети принималась за 90 м, это связано с тем, что данные за предыдущие годы, взятые из отчетов Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (далее АзНИИРХ) за 2002-2008 гг., представлены из расчета на 90 м сеть.

Проводилась оценка состояния нерестилищ рыб, была обследована береговая линия водоема для выявления участков, потенциально пригодных для размножения рыб; облов водоема мальковой волокушей и лов молоди сачком. Кроме того, в наиболее заросших прибрежной воздушно-водной растительностью участках – в северо-восточной оконечности водоема и в устье Цимлянского лога (небольшая естественная балка, впадающая в водоем-охладитель недалеко от начала отводящего канала) – выставлялись на один час по две сети с переменной ячейей от 6 до 55 мм

каждая состоит из 11 вставок с ячейей 6,25; 8; 10; 12,5; 15,5; 19; 24; 29; 35; 43; 55 мм.

Всего выловлено 1472 экз. рыб общим весом 267,5 кг, из них сачком – 2 экз., мальковой волокушей – 234 экз., сетями с переменной ячейей 6-50 мм – 537 шт. и сетями с ячейей от 30 до 100 мм – 699 экз. Все выловленные рыбы просматривались на наличие аномалий внешнего строения (уродств).

Возраст у рыб определен общепринятыми методами [2], для определения возраста брались массовые виды рыб, всего исследовано 232 экз.

Материалы, описывающие состояние основных биоценозов водоема-охладителя, и данные по уловам рыбы в предшествующие годы взяты из соответствующих отчетов Волгоградского отделения Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (далее ВО ГосНИОРХ) за 1987 и 1999 гг. и АзНИИРХ за 2002-2008 гг., хранящихся на АЭС. Сведения о морфологии и термическом режиме водоема-охладителя взяты из соответствующих правил эксплуатации (2000 г.).

Работа выполнена в рамках договора ВО ГосНИОРХ с Ростовской АЭС № 52 от 12 августа 2009 г.

Результаты и обсуждение

Водоем-охладитель Ростовской АЭС как среда обитания рыб.

Водоем-охладитель Ростовской АЭС создан путем отсечения части Цимлянского водохранилища дамбой, согласно проекту площадь зеркала составляет 1,8 тыс.га, длина 8 км, максимальная ширина 2,9 км, средняя ширина 1,8 км, максимальная глубина 6 м, средняя – 3 м.

Морфологически водоем можно подразделить на 4 участка: озеровидный участок, который своей северо-западной частью примыкает к Цимлянскому водохранилищу и составляет около 95% общей площади водоема; подводящий канал (небольшой залив площадью около 5 га), отводящий канал – пяти километровый канал, шириной около 100 м, опоясывающий юго-восточную часть водоема и Цимлянский лог – затопленное устье естественной балки площадью около 30 га, впадающие в отводящий канал в 0,5 км от начала последнего.

Анализ имеющегося материала позволил выделить следующие особенности водоема, оказывающие заметное влияние на рыбное население: температурный и уровенный режимы, специфическое строение береговой линии и активное регулирование зарастаемости водоема.

Специфичный температурный режим водоема-охладителя переопределен его основным назначением – охлаждением оборудования АЭС. Согласно правилам эксплуатации водоема (2000) температура воды в нем в среднем примерно на 5°C выше, чем в Цимлянском водохранилище. Наибольшая разница в температурах воды характерна для холодных месяцев, наименьшая для жарких. Согласно общепринятым определениям, «биологической зимой» считается период с температурами воды менее 5°C, «биологическим летом» период с температурами более 20°C. [3] В Цимлянском водохранилище по среднегодовым данным, согласно материалам ВО ГосНИОРХ, «биологическая зима» длится с конца ноября до середины апреля, «биологическая весна» с середины апреля до середины июня, «биологическое лето» с середины июня до конца сентября и «биологическая осень» с конца сентября до конца ноября. В водоеме-охладителе в зависимости от водности года «биологическая зима» длится до месяца, а в отдельные годы может не наступать вовсе. Кроме того, в водоеме постоянно имеются участки с температурой воды более 5⁰C. «Биологическое лето» в водоеме-охладителе наступает уже в мае и может длиться до начала октября. Таким образом, вегетационный период и период активного роста рыб в водоеме-охладителе

значительно больше, чем в Цимлянском водохранилище.

Еще одной особенностью температурного режима водоема-охладителя является наличие высокотемпературных зон. В жаркое время года сбросная вода, идущая от оборудования, может нагреваться до 37°C, что близко к пороговым температурам переносимым пресноводными рыбами. [4] Крайне важно, что повышенные температуры воды характерны для сбросного канала, где сосредоточена основная масса, пригодного для местных видов рыб, нерестового субстрата. Кроме того, в непосредственной близости от места сброса с АЭС горячей воды находится Цимлянский лог, где также сосредоточены нерестилища рыб.

Особенность уровневого режима водоема-охладителя заключается в его постоянстве. С 2001 г., когда уровень воды был поднят на 1 м относительно предыдущих лет, его колебания в водоеме не превышали 30 см. Таким образом, в водоеме отсутствуют временно заливаемые площади, и рыбы вынуждены использовать только нерестилища, имеющиеся в водоеме.

Особенностью береговой линии водоема-охладителя является то, что она практически полностью покрыта каменной наброской. Несмотря на то, что к настоящему времени литоральная часть водоема сильно заросла тростником, такой тип береговой линии не свойственен близлежащим естественным водоемам.

Активное регулирование зарастаемости водоема необходимо для бесперебойной подачи и отведения охлаждающей воды от реакторов. В 1987 г., когда водоем-охладитель имел еще связь с Цимлянским водохранилищем, величина зарастаемости его водного зеркала составляла около 8%. [1] Эта величина находилась примерно на одном уровне с аналогичной величиной заливов Приплотинного плёса Цимлянского водохранилища. В 1999 зарастаемость зеркала оценивалась уже в 90% [1], в 2003 и 2004 гг. сотрудниками АзНИИРХ она оценивалась в 70%. Столь высокая зарастаемость акватории стала заметно затруднять работу станции, что привело к активной борьбе с зарастаемостью водоема путем вселения в него растительноядных рыб. С 2002 по 2009 г. в водоем вселено 1,8 млн. экз. белого амура, а также 1,4 млн. экз. сазана, толстолобиков и черного амура. Отметим, что попутно с этими видами в водоем-охладитель из рыбхозов попало значительное количество серебряного карася.

В результате этих мероприятий в 2005 г. зарастаемость акватории оценивалась уже в 50%, в 2006 – в 23%, а в 2007 и 2008 гг. погруженная водная растительность в водоеме встречалась лишь мозаично (материалы АзНИИРХ за 2005-2008 гг.). Во время осмотра водоема в августе-сентябре 2009 г. погруженная высшая водная растительность была замечена только на очень небольшом участке площадью несколько десятков м², в районе базирования маломерного флота АЭС.

Состав и относительная численность рыб

Состав ихтиофауны водоема-охладителя оценивается в 20 видов рыб: сазан, серебряный карась, лещ, густера, язь, белый толстолобик, белый и черный амуры, плотва, красноперка, уклейка, верховка, амурский чебачек, сом, судак, окунь, ерш донской, бычок-песочник, бычок-кругляк, бычок-цуцик. Из них белый и черный амуры и белый толстолобик – временные объекты, воспроизводство которых возможно только за счет искусственного зарыбления. Амурский чебачек пойман пока в одном экземпляре в камере-гасителе сифонного водосброса (на выходе из сифона) в апреле 2010 г., во время проведения продувки водоема. Данный экземпляр мог попасть туда как из водоема-охладителя, так и из Цимлянского водохранилища, в котором данный вид отмечается с 2002 г. [5] и с тех пор активно расселяется по водохранилищу.

В начальный период строительства ограждающей дамбы, когда водоем-охладитель имел еще связь с Цимлянским водохранилищем (до конца 80-х гг.), состав



его ихтиофауны мало отличался от материнского водоема. Согласно исследованиям ВО ГосНИОРХ, в нем были обнаружены все виды, встречающиеся в Приплотинном участке Цимлянского водохранилища.

После изоляции водоема в нем более не встречались синец, жерех, чехонь, рыбец, тюлька, горчак и щиповки. После пуска станции в 2001 г. состав ихтиофауны менялся не столь существенно, однако, соотношения численности видов рыб подвергались и подвержены до сих пор значительным изменениям. Сведения об относительной встречаемости рыб промысловых размеров приведены в таблице и на рисунке.

Таблица 1 Уловы сетей в водоеме-охладителе Ростовской АЭС 2004-2009 гг., кг/90 м сеть в сутки

Ячей	30			40			45			50			70		
	2009	2005	2004	2009	2006	2005	2004	2009	2009	2006	2005	2004	2009	2006	2004
Густера	2,2	1,3	0,3	3,6	1,4	2,2	0,3	0,3	1,2				0,8		
Красноперка	0,7	5	4,4	2	12,6	13,8	13,8	2,1	0,4	17,9	12,2	17,6			
Лещ	0,5	3	1,3	0,2	2,0	2	0,7			12,2	8,7	8,2		25,5	7,3
Окунь	1,6	2	0,4	3,1	5,0	3,3	3,3	8,9	21,2	3,8	5,5	3,6			
Плотва	10,9			7,2					17,8						
Судак	0,1			0,2					1,2					1,2	9,5
Щука		3,2	0,6							9,4	4,6	1,5			
Серебряный карась	0,2			0,4	3,0	1,9	1,9			5,0	3,4	3,0	1,8	9	9,1
Сазан		2,8	0,3											65,9	27
Язь		0,4	0,3												
Белый амур														82	
Толстолобик														127	
Итого	16,2	17,7	7,6	16,7	24	23,2	20	11,3	41,8	48,3	34,4	33,9	2,6	310	52,9
Данные	*	**	**	*	**	**	**	*	*	**	**	**	*	**	**

Примечание * – наши данные; ** – материалы АзНИРХ

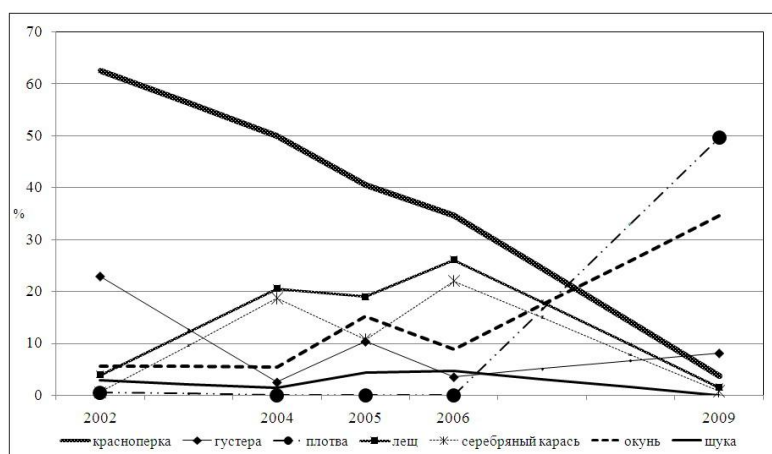


Рисунок 1 – Изменения соотношения разных видов рыб в уловах сетей 30-70 мм в водоеме-охладителе Ростовской АЭС в 2002-2009 гг.

Как видно из таблицы, в период 2004-2009 гг. уловы сетей от 30 до 50 мм характеризовались как средние и высокие, они колебались от 7 до 48 кг/сеть в сутки. Уловы сетей большего размера в 2004-2006 гг. также были достаточно высоки, преимущественно за счет вселенцев (сазана, амуров и толстолобика). В наших уловах эти рыбы встречались единично.

Наглядно представления об изменениях в соотношениях рыб промысловых размеров дает рисунок. Для его построения были просуммированы данные по уловам всех сетей от 30 до 70 мм (экз./сеть в сутки), затем из этой суммы рассчитана доля каждого вида для каждого года, по которым имеются материалы. Полученные изменения представлены в виде графика (рис. 1). Безусловно, данный график может лишь в самом общем виде характеризовать произошедшие изменения, т.к. длина и сроки выставления сетей с разной ячеей варьировали по годам, и общее количество сетепостановок не велико.

Как видно из рисунка, современный состав рыбного населения, представленный преимущественно плотвой и окунем, сложился сравнительно недавно, в предшествующие 2-3 года. До этого в уловах преобладала красноперка, было много, леща, серебряного карася и щуки. Интересно, что доля такого массового для большинства водоемов вида, как плотва, в период 2002-2006 гг. была очень мала. Преобладание плотвы в уловах 2009 г. и значительная ее доля в уловах 1987 и 1999 гг. (данные ГосНИОРХ) и полное отсутствие ее в уловах 2004-2006 гг. (материалы АзНИРХ) объяснить сложно. Вероятно, это вызвано какими-то случайными причинами.

Состояние нерестилищ и оценка естественного воспроизводства рыб

Исследование состояния нерестилищ позволяет сделать заключение об относительном уровне воспроизводства разных видов рыб и, тем самым, во многом позволяет объяснить сложившийся состав рыбного населения водоема.

Обследование водоема в августе 2009 г. показало, что в нем имеется большое количество каменного субстрата. Однако, каменный субстрат используется для нереста ограниченным числом донских видов рыб: бычками, видами, малотребовательными к типу нерестового субстрата (окунь, ерш, судак, берш, уклейка), и видами, использующими каменный субстрат в сочетании с чистой, а в условиях нижнего Дона и хорошо проточной, водой (рыбец, вырезуб, голавль, жерех, язь, елец, подуст). Последние, из вышеуказанных видов, обитали в водоеме-охладителе только в период его связи с Цимлянским водохранилищем, в настоящее время из них в водоеме единично встречается лишь язь. Численность бычков, по-видимому, не велика (наличие в водоеме пояса из затопленных зарослей древесно-кустарниковой растительности, образовавшегося после подъема уровня водоема на 1 м в 2001 г., присутствие крупных валунов в составе каменной наброски и большое количество затопленного строительного мусора не позволяют применять активные орудия лова). Таким образом, несмотря на обилие каменистого субстрата в водоеме-охладителе, он может использоваться лишь ограниченным числом рыб.

Участков, пригодных для нереста фитофильных видов рыб, составляющих основу рыбного населения исследуемого водоема, сравнительно немного. Из общей длины береговой линии в 31 км (вычислено по космоснимку) следует признать пригодными для размножения рыб 11 км – участок вдоль сбросного канала и затопленное устье Цимлянского лога. Мощные тростниковые заросли, растущие там, в основном, на глубинах до 1 м, сочетаются с относительно плотными грунтами, кроме того, данный участок закрыт от волнового воздействия. Уловы сетей с переменной ячеей в



Цимлянском логу показали значительные концентрации молоди – по 320 экз. на сеть за час. Для сравнения, аналогичные уловы в водоемах северной части Волго-Ахтубинской поймы в осенний период составляют около 70 экз. на сеть за час.

Береговая зона вдоль озеровидной части водоема сравнительно мало пригодна для размножения фитофильных рыб, вследствие слабого развития тростниковых зарослей, растущих преимущественно вдоль кромки воды, полного отсутствия погруженной высшей водной растительности и сильного волнового воздействия. Наибольшему волновому воздействию подвергается, северо-западный берег водоема (расположенный вдоль дамбы, отделяющей водоем-охладитель от Цимлянского водохранилища), там тростниковые заросли располагаются только вдоль уреза воды, а водная растительность состоит из обрастаний зеленых водорослей. Облов сачком северо-западного берега и визуальный осмотр береговой линии на нескольких участках не выявил молоди рыб. Юго-восточный берег менее подвергается волновому воздействию, т.к. частично укрыт от ветра дамбой противоположного берега, возвышающейся на 4 метра над нормальным уровнем водоема. Тростниковые заросли на этом берегу в зависимости от глубины водоема отдаляются на 2 – 10 м от береговой линии. Дно в прибрежной части частично заилено, заиленные участки лишены подводной растительности, на незаиленных участках она представлена обрастаниями, состоящими из зеленых водорослей. Юго-западный берег вследствие меньшего волнового воздействия полнее может использоваться рыбами для нереста. На этом участке была обнаружена молодь густеры, плотвы, красноперки, сеголетки пловы и уклейки.

В открытой части водоема только в северо-восточной оконечности тростники образуют мощные заросли, далеко вдающиеся в водоем и формирующие сеть каналов. Однако, эти заросли сочетаются с сильно заиленными грунтами и отсутствием высшей водной растительности. Визуальный осмотр акватории этого участка при прозрачности воды в 1 м., лов сачком и уловы двух сетей с переменной ячейей не выявили сколько-либо заметной концентрации молоди рыб на данном участке (18 экз. на две сети за час и отсутствие молоди при визуальном осмотре и в уловах сачка).

Таким образом, представляется что, озеровидная часть водоема пригодна для размножения окуня, мало требовательного к качеству нерестового субстрата. Нерестилища фитофильных видов в настоящее время располагаются в отводящем канале, характеризующимся повышенной температурой и минерализацией воды, идущей от реактора. Возможности для размножения имеют виды, малотребовательные к качеству нерестового субстрата (окунь, уклейка) и виды, способные нереститься в тростниковых зарослях на небольших глубинах (плотва, густера). Воспроизводство рыб, нерестящихся на затапливаемых мелководьях (серебряный карась, сазан), в зарослях подводной растительности (красноперка) или на значительных глубинах (лещ), сильно затруднено вследствие недостатка подходящих нерестилищ.

Уродства рыб водоема-охладителя

Уродства – сильные отклонения от нормы в строении организмов, обычно настолько редко встречаются среди взрослых особей в природных популяциях рыб, что частота их специально не регистрируется. Однако, в водоемах, испытывающих химическое и/или радиационное загрязнение, частота уродливых особей в популяциях может быть достаточно большой. [6-9] Предлагаются подходы анализа аномалий в строении рыб для оценки экологического состояния водоемов. [10-11]

Среди 1472 пойманных нами рыб только одна была с нарушением развития – лещ с редуцированным зрачком в левом глазу. В отчетах ВО ГосНИОРХ и АзНИРХ упоминаний об особях со значительными нарушениями внешнего строения нет.

Частота уродств у рыб мене 1% может считаться фоновой [12-13], таким образом, частота уродливых особей в водоеме-охладителе не превышает фоновых показателей.

Вероятные причины изменений структуры рыбного населения

Изменения видового состава рыб, произошедшие в водоеме-охладителе после изоляции от Цимлянского водохранилища, представляются вполне закономерными. Из состава ихтиофауны выпали виды, которые практически не встречаются в изолированных водоемах (за исключением щиповок и горчака). Отсутствие горчака объясняется слабым развитием двустворчатых моллюсков в водоеме. Отсутствие щиповок объяснить сложно, но, вероятно, они встречаются в водоеме, однако, не были обнаружены из-за сложности использования на водоеме активных орудий лова.

Изменения в структуре рыбного населения, происходящие после пуска станции в 2001 г., объясняются особенностями устройства водоема и активной борьбой с водной растительностью, направленной на обеспечение нормальной работы станции. Высокие относительные показатели численности рыб и отсутствие у них аномалий развития свидетельствуют о том, что работа Ростовской АЭС не оказывает заметного негативного воздействия на организм рыб, обитающих в водоеме-охладителе.

Высокая зарастаемость водоема, имевшая место в первые годы после пуска станции, в сочетании с длительным вегетационным периодом обеспечила благоприятные условия для наращивания численности фитофильных видов рыб (красноперки, щуки, густеры, леща). Зарыбление водоема карпом обеспечило кратковременный рост численности серебряного карася, попутно завезенного в водоем.

Последующее значительное сокращение численности красноперки, леща, серебряного карася и щуки объясняется недостаточным воспроизводством этих видов вследствие уничтожения их нерестового субстрата (зарослей подводной растительности) вселенным в водоем белым амуром. В наибольшей степени уничтожение зарослей сказалось на красноперке, весь жизненный цикл которой связан с зарослями. Уменьшение зарастаемости водоема сильно повлияло и на щуку, которая размножается и охотится в зарослях растительности. В меньшей степени снижение зарастаемости водоема повлияло на виды, которые только размножаются на растительности или ее остатках – леще, серебряном карасе, густере и плотве. Причем, доля последних двух видов в водоеме достаточно высока. Однако, основу уловов этих видов составляют особи поколений 2006 и 2005 гг., когда зарастаемость акватории была 23% (материалы АзНИИРХ, 2007) и 50% (материалы АзНИИРХ, 2005). Уловы сетей с переменной ячеей в устьевой части Цимлянского лога указывает на успешное размножение там густеры и плотвы, однако, способно ли это воспроизводство обеспечить поддержание численности данных видов рыб на современном высоком уровне, пока не известно.

Высокая современная численность окуня объясняется тем, что данный вид не испытывает недостатка в нерестовых площадях, т.к. способен успешно откладывать икру практически на любой субстрат. Увеличение его численности можно объяснить снижением выедаемости его молоди щукой и в некоторой степени снижением пищевой конкуренции у взрослых рыб.

Небольшие уловы, вселенных в водоем, рыб (амуров, толстолобика, сазана) в 2009 г. частично можно объяснить пассивностью используемых орудий лова, а частично – снижением численности этих рыб вследствие естественной смертности, а также выловом их с неохраняемой части сбросного канала, где эти рыбы концентрируются в холодный период года.

Благодарности

Сбор материала на водоеме-охладителе Ростовской АЭС был бы невозможен без помощи рыбака ВО ГосНИОРХ Борисова А.С., за что автор выражает ему свою искреннюю благодарность. Автор выражает искреннюю признательность сотрудникам Ростовской АЭС Горской О.И. и Пуц Г.А. за доброжелательное отношение и помощь, оказанную в работе.

Литература

1. Горелов В.П., Бедро В.В., Болдырев В.С., Ибрагимов М.Р., Кучишкина Н.В., Лысак Т.Б., Шевлякова Т.П. Эколого-гидробиологическая и ихтиологическая характеристика водоёма-охладителя Ростовской АЭС и перспектива его рыбохозяйственного использования // Мат. научн.-практ. конф. «Проблемы развития атомной энергетики на Дону» Ростов-на-Дону 29 февраля-1 марта 2000 г. Ростов н/Д, 2000 Т.1. С. 170-173.
2. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность. 1966. 376 с.
3. Лапицкий И.И. Направленное формирование ихтиофауны и управление численностью популяций рыб в Цимлянском водохранилище. Труды Волгоградского отд. ГосНИОРХ. Т. 4. Волгоград: Нижнее-Волжское кн. из-во, 1970. 280 с.
4. Яржомбек А.А., Лиманский В.В., Щербинина Т.В. и др. 1986. Справочник по физиологии рыб. М.: Агропромиздат. 192 с.
5. Хоружая В.В., Архипов Е.М. О нахождении амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Schlegel) и речной камбалы *Pleuronectes flesus* (Pall) в Цимлянском водохранилище // Рыболовство и рыбоводство, 2002 № №-4. С. 8.
6. Мунтян С.П. Изучение популяций золотого и серебряного карасей обитающих в водоемах с повышенной концентрацией Sr90 // Радиоэкология животных. Мат. 1 Всесоюз. конф. М.: Наука, 1977. С. 81-82.
7. Воронина Э.А., Шеханова И.А., Пешков С.П., Мунтян С.П. Биологическая характеристика серебряного карася, обитающего в радиоактивно загрязненной среде // Тр. ВНИРО, 1978. Т. 134. С. 122-131.
8. Шеханова И.А. Некоторые итоги и перспективы биологических исследований по проблеме радиоактивного загрязнения водной среды // Тр. ВНИРО, 1978. Т. 134. С. 8-23.
9. Соколов Л.И. и др. Ихтиофауна реки Москвы в черте г. Москвы и некоторые данные о ее состоянии // Вопросы ихтиологии, 1994. Т. 34. № 5. С. 634-641.
10. Савvaitова К.А., Чеботарева Ю.В., Пичугин М. Ю., Максимов С.В. Аномалии в строении рыб, как показатели состояния природной среды // Вопросы ихтиологии, 1995. Т. 35. Вып 2. С. 182-188.
11. Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амудсен П.А., Сталдвик Ф. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа рыб // Успехи современной биологии. 1999. Т. 119. №2. С. 165-177.
12. Слынько Ю.В., Герасимов Ю.В., Гречанов И.Г. Морфологическое описание и частота встречаемости абберанетных особей среди различных по генотипам локуса пероксидазы сердечной мышцы групп сеголеток леща *Abramis brama* // Вопросы ихтиологии, 1991. Т. 31. № 6. С. 1010-1014.
13. Вехов Д.А. Оценка стабильности развития серебряного карася, обитающего в пруду-испарителе промышленных сточных вод Большой Лиман // Всеукраинский

науч.-прак. сем. «Проблемы очистки сточных вод и охрана водоемов: физико-химические, биологические, экологические аспекты» (Симферополь, 3-4 мая 2007 г.): Тез. докл. Симферополь, 2007. С. 11-12.

Вехов Дмитрий Алексеевич – старший научный сотрудник, Волгоградское отделение Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. E-mail: VekhovDA@yandex.ru

Vekhov Dmitry A. – Researcher, GosNIORKH State Institute for Lake and River Fisheries, Volgograd Division, Volgograd, Russian Federation.
E-mail: VekhovDA@yandex.ru



УДК 621.311.25.621.039 (470.61)

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПРОДУВКИ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ РОСТОВСКОЙ АЭС

О.И. Горская

<p style="text-align: center;"><i>Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Kontsern Rosenergoatom branch of JSC «Rostov nuclear station»</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Приведены причины и технические решения по организации дополнительной продувки водоема-охладителя Ростовской АЭС. Проанализированы изменения гидрохимических характеристик воды Цимлянского водохранилища и водоема-охладителя после продувки.

Ключевые слова: водоем-охладитель, солесодержание, продувка, сифонный водосброс.

The reasons and solutions on the organization of additional flushing the cooling pond of the Rostov nuclear power plant. The changes in the hydrochemical characteristics of water Tsimlyansk reservoir and the cooling pond after the purge.

Keywords: cooling pond, salinity, flushing, siphon spillway.

Организация дополнительной продувки (водообмена) водоема-охладителя (ВО) предусмотрена для уменьшения солесодержания в воде ВО и для сокращения времени снижения уровня воды в ВО до НПУ=36,000 м.абс. после его подъема в результате приема паводкового стока воды Цимлянского лога.

С помощью продувки, обеспечивающей снижение солесодержания в воде ВО, одновременно решается вопрос сокращения продолжительности подтопления прилегающей территории в послепаводковый период, когда уровень воды в ВО поднимается выше нормального подпорного уровня (НПУ) =36,000 м.абс. в результате приема паводка из Цимлянского лога. Актуальность этого обострилась из-за фактического изменения проекта режима вводов энергоблоков.

Предусмотренное ранее разработанным проектом строительство четырех энергоблоков с небольшим интервалом ввода позволяло обеспечить быстрое послепаводковое снижение уровня воды ВО за счет испарения воды, связанного с охлаждением оборудования энергоблоков и за счет фильтрации воды через тело плотины в Цимлянское водохранилище.

При ограничении мощности АЭС двумя блоками, объема фильтрации для приемлемо быстрого снижения уровня воды в ВО стало недостаточно, и этот недостаток компенсируется устройством дополнительной продувки.

С учетом сложившейся ситуации, когда построена и эксплуатируется плотина ВО, единственным оптимальным вариантом организации дополнительной продувки, является сооружение сифонного водосброса (рис. 1).

Сифонный водосброс предусмотрен на участке паводкового поверхностного водосброса на отметке гребня перелива 37,00 м.абс. Такое расположение исключает необходимость реконструкции плотины, а в период строительства водосброса не нарушаются нормальные условия эксплуатации системы охлаждения АЭС.



Рисунок 1 – Сифонный водосброс водоёма-охладителя Ростовской АЭС

Пропускная способность сифонного водосброса принята исходя из того, чтобы объемы сброса через него в послепаводковый период создавал дополнительный водообмен в ВО, обеспечивающий снижение солесодержание в воде ВО при работе двух энергоблоков ниже 1000 мг/л и пропуска паводка 5% обеспеченности объемом 19 млн. м³ в течение 20 суток.

Такие условия выполняются при устройстве сифонного водосброса из 10 труб условным диаметром 1000 мм.

Производительность сифонного водосброса определена при уровне воды в Цимлянском водохранилище 36,000 м.абс и переменном уровне воды в ВО от 37,000 до 36,000 м.абс.

Водосброс также обеспечивает пропуск расхода воды при уровне воды в ВО равном 36,000 м.абс и более низком уровне воды в Цимлянском водохранилище.

Приемный оголовок сифонного водосброса устанавливается на отметке 35,500 м.абс с заглублением под НПУ на 0,5 м. Выходной оголовок заглубляется под уровень воды 35,000 м.абс.

На приемном оголовке каждой трубы на отметке 36,000 м.абс предусмотрено подключение воздушной трубки (стальная труба по ГОСТ 10704-91 диаметром 57x3 мм) с шаровым стальным краном КШ 50X40 У-С Ду=50 мм, с вынесенным в доступную для обслуживания зону. При открытом вентиле сифонный водосброс будет работать до понижения уровня воды в ВО до отметки 36,000 м.абс, после чего сифон сорвется и водосброс будет автоматически отключен, гарантируя сохранение НПУ. Зарядка сифона обеспечивается передвижной вакуумной установкой.

При закрытом вентиле возможна работа сифонного водосброса и при НПУ, что может потребоваться в определенных условиях эксплуатации для организации дополнительной продувки ВО.

В любом случае сработка уровня воды в ВО ниже УМО – 35,500 м.абс сифонным водосбросом не возможна, так как при этом уровне происходит срыв сифона.

Для гашения энергии сбрасываемой воды, в целях исключения размыва береговой линии Цимлянского водохранилища предусмотрен сброс из выходного оголовка в камеру-гаситель затопленного типа с вертикальной осью и центральным поступлением струи.

При работе водосброса происходит излив, поступающей из ВО, воды через борта камеры-гасителя.

Объем камеры-гасителя определен на момент начала работы сброса при уровне воды в ВО 37,000 и при НПУ = 36,000 м.абс в Цимлянском водохранилище и по

результатам гидравлического расчета сифонного водосброса принят емкостью 90 м³ (размером в плане 3х18 метров, глубиной 1,6 метра). Для исключения засорения трубопроводов сифонного водосброса на входном и выходном оголовках предусмотрена установка сеток СР 50-8,0 по ГОСТ 3306-88.

В качестве рыбозащитного мероприятия на период эксплуатации сифонного водосброса перед приемными оголовками предусмотрена установка вертикального экрана из сетки Р6-2,2 по ГОСТ 3306-88 с размером ячейки 6х6 мм. Экран предусмотрен из двух секций, соединенных между собой и устанавливаемых под углом 45° к направлению потока воды.

Перед пуском в работу сифонного водосброса обязательны установка рыбозащитного экрана, осмотр и при необходимости очистка сеток входного и выходного оголовков. Зарядка сифона производится после полного заполнения камеры-гасителя водой.

Предусмотрена антикоррозийная защита трубопроводов и опорных конструкций лаком перхлорвиниловым ХВ-785 – пять слоев по сополимерному винилхлоридному грунту ХС-068 – два слоя. Общая толщина АКЗ – 150 мкм.

ОАО ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева выполнено «Численное моделирование влияния водосбросного сооружения дополнительной продувки на Цимлянское водохранилище». В работе были рассмотрены сбросы воды расходом 8 м³/с и 16 м³/с в период с октября по май месяц для различных климатических условий.

В результате выполненного числового моделирования определено, что для уменьшения влияния на Цимлянское водохранилище продувку предпочтительнее осуществлять в мае месяце расходом 8 м³/с.

В связи с тем, что предельная концентрация сульфатов превышает нормативное значение на акватории Цимлянского водохранилища, были выполнены дополнительные расчеты для расходов 1,6 м³/с и 1,0 м³/с.

По результатам расчетов на пятилетний период при осуществлении продувки с расчетным расходом 1,6 м³/с наблюдается незначительное увеличение солесодержания и концентрации сульфатов в 500-метровом створе Цимлянского водохранилища.

Для уменьшения влияния сброса продувочных вод на прилегающую территорию сброс рекомендуется выполнять в апреле и мае расходом 1,6 м³/с (одним трубопроводом).

Для установления НДС принят расход продувочных вод 1,6 м³/с в течение 62-х дней.

Гидрохимический режим ВО формируется в результате поступления в него природных солей с подпиточной водой Цимлянского водохранилища, поступления в него природных солей с разгрузкой в водоем-охладитель подземного водоносного горизонта, ухода солей из ВО с фильтрационной водой и концентрации солей при испарении воды из ВО.

В водоем-охладитель через Цимлянский лог поступают поверхностные стоки с водосбросной площади прилегающей территории, направляются нормативно очищенные поверхностные стоки с территории АЭС и нормативно очищенные бытовые стоки.

По утвержденному проекту, при работе АЭС установленной мощностью 4000МВт общее солесодержание в воде согласованно на уровне 1810 мг/л.

В соответствии с расчетом по балансовому уравнению при работе двух блоков оно будет находиться в интервале от 1030 до 1130 мг/л, если в качестве продувки ограничиться расходом воды фильтрационного потока из ВО.

При организации дополнительной годовой продувки в объеме 8570,88 тыс.м³ с

помощью сифонного водосброса, содержание в воде ВО не будет превышать 1000 мг/л.

Расчеты гидрохимического режима системы охлаждения выполнены на период работы АЭС в 40 лет, с поочередным чередованием 18 средних по гидрометеорологическим условиям лет (50% обеспеченности) и четырех маловодных лет совмещенных с жаркими годами (95% обеспеченности).

Расчетом предусмотрен сезонный (средне летний, средне зимний) состав основных ионов в охлаждающей воде.

Выполненные расчеты показали, что для поддержания необходимого качества воды в водоеме-охладителе необходимы следующие мероприятия:

1. Сработка уровня воды в водоеме-охладителе до отметки путем отключения подпитки в предпаводковый период (февраль-март месяцы).

2. Увеличение поступления подпиточной воды в водоем-охладитель при прохождении паводка до 11400 м³/ч путем включения трех насосов типа Д-5000-32Б, установленных в насосной станции добавочных вод (~ 50 суток).

3. Выполнение продувки водоема-охладителя после прохождения паводков в апреле-мае месяце.

Гидротермический режим водоема-охладителя определяется главным образом поступлением тепла в результате сброса подогретой и забора охлажденной циркуляционной воды АЭС. Количество поступающего тепла зависит от расхода циркуляционной воды Q и разности между температурами на водовыпуске и водозаборе АЭС, равной температурному перепаду на конденсаторах турбин ΔT. Значения этих параметров, характеризующих изменение тепловой нагрузки на водоем-охладитель в течение года при работе двух энергоблоков АЭС, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения параметров, характеризующих изменение тепловой нагрузки на водоем-охладитель в течение года при работе двух энергоблоков АЭС

Наименование	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Количество работающих блоков	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Расход охлаждающей воды, м ³ /сек	69.0	69.0	69.0	84.9	34.5	34.5	50.4	50.4	100.8	100.8	69.0	69.0

Значения метрологических параметров указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Значения метеорологических параметров

Метеорологический параметр		Месяцы									
		I	II	III	IV	V	X	XI	XII		
Температура воздуха °С	5%	-2,1	-1,0	0,2	6,9	15,1	12,1	4,1	2,4		
	50%	-5,4	-5,1	4,1	9,1	13,3	8,7	2,8	-4,2		
	95%	-9,2	-6,8	-5,4	3,3	16,1	7,7	1,3	-3,6		
Влажность воздуха, гПа	5%	4,9	4,9	5,6	7,0	9,9	10,8	7,3	6,5		
	50%	3,9	3,9	6,8	7,3	11,0	8,2	6,6	4,5		
	95%	2,8	3,4	3,7	6,2	11,3	6,8	5,8	4,4		
Скорость ветра на высоте флюгера, м/с	5%	5,3	6,5	4,5	5,1	4,0	4,9	5,5	6,9		
	50%	4,0	6,1	4,0	4,1	4,4	4,3	5,3	5,6		
	95%	5,4	4,8	5,5	5,5	4,1	6,5	5,9	4,9		



В период с 19.04.2010 г. по 31.05.2010 г. на Ростовской атомной станции впервые проведена продувка водоема-охладителя.

Для выполнения данного мероприятия:

- 10.12.2009 г. Донским БВУ утвержден проект нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ и микроорганизмов (НДС), поступающих в поверхностный водный объект с продувочными водами водоема-охладителя по выпуску № 2.

- Донским БВУ выдано Решение о предоставлении водного объекта в пользование № 61-05.01.03.009-Х-РСВХ-Т-2010-00295/00 от 22.01.10 г. (сброс продувочных вод в Цимлянское водохранилище выпуск №2).

- Нижне-Донским управлением Ростехнадзора выдано Разрешение на сброс загрязняющих веществ в окружающую среду (водные объекты) № 78П от 20.05.2010 г.

В соответствии с графиком сброса продувочных вод в Цимлянское водохранилище сброс разрешен ежегодно в течение 61 дня с 31 марта по 31 мая расходом 5760 м³/час.

На период проведения продувки водоема-охладителя планом водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водного объекта на 2010-2014 гг. предусмотрено проведение биологического и ихтиологического мониторинга в Цимлянском водохранилище и водоеме-охладителе станции, оценка эффективности РЗУ с привлечением специализированной организации – Волгоградского отделения ФГБУ ГосНИОРХ.

На 2010 год заключен договор с Волгоградским отделением ФГБУ ГосНИОРХ от 22.09.09 г. №1 (рег. №Э.08/57-1/10-31) «Проведение биологического мониторинга в Цимлянском водохранилище в районе продувки водоема-охладителя и оценка эффективности РЗУ при проведении продувки водоема-охладителя», на 2011 год с тем же подрядчиком на указанную тему заключен договор от 05.03.11 г. № 11 (рег. №Э.08/57-1/11-445) от 26.04.11 г. По результатам проведенных работ Волгоградского отделения ФГБУ ГосНИОРХ отмечено: негативного воздействия продувочных вод на структурно-функциональные характеристики водных сообществ Приплотинного плёса и водоема охладителя не установлено.

В 2010 году продувка водоема-охладителя осуществлялась с 19 апреля по 31 мая.

Объем сброса составил – 5872,3 тыс. м³

В 2011 году продувка водоема-охладителя осуществлялась с 31 марта по 31 мая.

Объем сброса составил – 8277,8 тыс. м³

В 2012 году продувка водоема-охладителя началась 02 апреля. Объем сброса за апрель составил – 3943,87 тыс.м³ (таблица 3).

Таблица 3 – Объем сброса за апрель 2010-2012 гг.

Месяц	Лимит, тыс.куб.м	Факт 2010 года, тыс.куб.м	Факт 2011 года, тыс.куб.м	Факт 2012 года, тыс.куб.м
Апрель	4285,44	1586,90	4078,08	3943,87
Май	4285,44	4285,40	4199,04	
Итого	8570,88	5872,3	8277,8	

Результаты первой продувки водоема-охладителя приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты продувки водоема-охладителя в 2010 г.

Наименование показателя	Среднее по водоему за 2009 год (на июнь 2009г)	Среднее по водоему за 2010 год (на июнь 2010г)	% снижения содержания
Сухой остаток, мг/дм ³	1073,0	1001,0	6,7
Сульфаты, мг/дм ³	375,5	306,3	18,4
Хлориды, мг/дм ³ ,	173,2	148,0	14,5
Медь, мг/дм ³	0,0094	0,0053	43,6

Результаты второй продувки водоема-охладителя приведены в таблице 5

Таблица 5 - Результаты продувки водоема-охладителя в 2011 г.

Наименование показателя	Среднее по водоему за 2010 год (на март 2011г)	Среднее по водоему за 2011 год (на май 2011г)	% снижения содержания
Сухой остаток, мг/дм ³	1035,4	960,9	7,2
Сульфаты, мг/дм ³	342,6	332,0	3,0
Хлориды, мг/дм ³ ,	156,4	143,5	8,3
Медь, мг/дм ³	0,0154	0,0066	57,1

Сводная таблица по концентрациям контролируемых веществ в продувочных водах (выпуск №2), 2010 -2011 гг. приведены в таблице 6

Таблица 6 - Сводная таблица по концентрациям контролируемых веществ в продувочных водах (выпуск №2), 2010 -2011 гг.

Года, Ингредиенты	Среднего- довая концентрация (2010)	Масса сброса (факт 2010)	Среднего- довая концентрация (2011)	Масса сброса (факт 2011)	Допусти- мая концентрация	Норматив сброса
	мг/дм ³	тонн	мг/дм ³	тонн	мг/дм ³	тонн
Взвешенные в-ва	5,25	29,08	10,25	84,88	11,25	96,422
Сухой остаток	446,00	2622,28	460,3	3807,08	1048,05	8982,71
Хлориды	58,80	342,86	57,5	475,15	165,39	1417,538
Сульфаты	96,25	559,68	101,5	840,03	103,2	884,515
Железо общее	0,07	0,382	0,07	0,539	0,093	0,797
БПКп.	2,36	14,56	2,21	18,28	2,39	20,484
Азот аммо- нийный	н/о	н/о	0,08	0,69	0,127	1,088
Нитраты	0,08	0,49	0,44	3,614	0,691	5,922
Медь	0,0009	0,005	0,0018	0,015	0,002	0,0171
Цинк	н/о	н/о	0,0015	0,012	0,0018	0,0154
Объем проду- вочных вод, тыс. м куб.	5872,30		8277,12			8570,88
*н/о – концентрация ниже предела чувствительности МВИ						



Выводы:

1. Объем сброса продувочных вод за 2010-2012 года находился в пределах установленного лимита.
2. Превышений установленных нормативов загрязняющих веществ в Цимлянское водохранилище за 2010-2012 года не зафиксировано.
3. Сброс продувочных вод не оказал отрицательного воздействия на гидрохимический режим Цимлянского водохранилища.
4. Достигнуто снижение солесодержания в водоеме-охладителе в среднем на 10%, в том числе по сульфатам на 10,3%, по хлоридам на 11,3%.
5. Отмечено значительное снижение концентрации ионов меди (на 43,6%).
6. Негативного воздействия продувочных вод на структурно-функциональные характеристики водных сообществ Приплотинного плёса и водоема-охладителя не установлено.

Рекомендовано: для поддержания достигнутого экологического равновесия в экосистеме водоема-охладителя разработать нормативы допустимого сброса загрязняющих веществ и микроорганизмов, поступающих в Цимлянское водохранилище с продувочными водами водоема-охладителя на период 2013-2015 года в объеме 8570,88 тыс. м куб. ежегодно, согласовать нормативы в установленном порядке и получить Решение о предоставлении водного объекта в пользование для сброса продувочных вод на новый период.

Литература

1. Проект нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов (НДС), поступающих в поверхностный водный объект с продувочными водами водоема-охладителя по выпуску № 2, г. Волгоград, 2009
2. Ростовская АЭС. Блок № 2. Подводящий канал. Водосбросное сооружение дополнительной продувки. А-85919 пм., г. Нижний Новгород, 2007г.
3. Численное моделирование влияния водосбросного сооружения дополнительной продувки на Цимлянское водохранилище, ВНИИГ им. Веденеева, г. Санкт-Петербург, 2005г.
4. Расчет общего солесодержания и концентрации сульфатов в воде Цимлянского водохранилища при работающем водосбросном сооружении дополнительной продувки, А-89034 пм, г. Нижний Новгород, 2007 г.
5. Отчет 2-ТП водхоз Ростовской АЭС за 2010 г. и 2011 г.
6. Результаты производственного экологического контроля Ростовской АЭС за 2010-2012 гг.

Горская Ольга Ивановна – начальник отдела контроля экологической безопасности Ростовской АЭС.

Gorskaya Olga I. – the head of department of control of ecological safety of the Rostov Nuclear Power Plant.

УДК 621.311.25:502.51 (470.61)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ РОСТОВСКОЙ АЭС НА ЦИМЛЯНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

И.А. Бубликова, О.Ф. Цуверкалова, М.Г. Баклыкова

<p><i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»</i></p>	<p><i>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Рассмотрено тепловое воздействие сброса подогретых вод в водоем-охладитель на температуру воды Цимлянского водохранилища. С помощью регрессионно-корреляционного анализа выявлены факторы, оказывающие определяющее влияние на температуру воды.

Ключевые слова: водоем-охладитель, Цимлянское водохранилище, тепловое воздействие, регрессионно-корреляционный анализ.

Thermal impact of dumping of warmed-up waters in a reservoir cooler on water temperature of the Tsimlyansky reservoir is considered. By means of the regression and correlation analysis the factors, making defining impact on water temperature are revealed.

Keywords: reservoir cooler, Tsimlyansky reservoir, thermal influence, regression and correlation analysis.

Сбросы подогретых вод атомных станций в поверхностные водоемы рассматриваются в настоящее время, как тепловое загрязнение, подлежащее нормированию и контролю. Экологические проблемы водоемов-охладителей, связанные с поступлением в гидросферу подогретых сбросных вод АЭС, с конца 1950-х гг. привлекали внимание многих исследователей в разных странах. За прошедший период было установлено, что изменения в экосистемах водоемов в результате подогрева в значительной степени зависят не только от типа водного объекта, используемого для охлаждения, системы водоснабжения электростанции, параметров охладителя и тепловой нагрузки на него, но и от ландшафтно-географической зоны, в которой расположен водоем-охладитель.

Цимлянское водохранилище – один из крупнейших искусственных водоемов степной зоны юга России. Этот водный объект является ценным источником воды и рыбных ресурсов. Водоем-охладитель (ВО) Ростовской АЭС создан путем отсечения плотиной прибрежного участка Цимлянского водохранилища (ЦВ). В соответствии с проектом плотина, отделяющая водохранилище от водоема-охладителя, выполнена как фильтрующая. Поддержанием в ВО более высокого уровня воды, чем в ЦВ, обеспечивается постоянное поступление в водохранилище фильтрующейся воды из ВО. Таким образом, создается возможность управления состоянием водоема-охладителя. Но при этом существует возможность поступления загрязнений, в том числе и теплового, в ЦВ из ВО с фильтрующейся водой.

При обсуждении экологических аспектов эксплуатации Ростовской АЭС проблемы, существующие в экосистеме Цимлянского водохранилища, неоднократно связывали с влиянием атомной станции. В мощном развитии синезеленых водорослей,

«цветении» водохранилища неоднократно обвинялась АЭС и ее тепловое загрязнение. У ряда специалистов существует твердое убеждение, что термическое воздействие АЭС на Цимлянское водохранилище провоцирует неблагоприятные изменения в его биоценозе. В связи с этим исследование тепловой нагрузки РoАЭС на Цимлянское водохранилище является актуальным. При этом необходимо выявить факторы, определяющие температурный режим Цимлянского водохранилища в непосредственной близости от АЭС и водоема-охладителя.

При выполнении исследования были использованы результаты гидрометеорологических наблюдений за рассматриваемыми водными объектами в период 2006-2009 гг., выполненными НИАЭП [1 – 4], в сравнении с менее подробными данными Федерального государственного учреждения «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища» (ФГУ «УВРЦВ») и результатами многолетних наблюдений за ЦВ. [5]

Для оценки уровня тепловой нагрузки ВО на ЦВ был выполнен статистический анализ превышения температуры воды в ВО аналогичного показателя в ЦВ в непосредственной близости от разделяющей эти водоемы плотины за период 2006-2009 гг.. При этом данные, относящиеся к периоду планово-предупредительного ремонта, были исключены из рассмотрения.

В результате анализа было выявлено, что отклонение температуры воды в ВО по сравнению с ЦВ вблизи плотины водоема-охладителя составляет от +6,4 до -3°С. В среднем температура воды в ВО на 1 градус выше, чем в водохранилище при среднеквадратичном отклонении 1,46°С. Коэффициент асимметрии составил 0,53 что свидетельствует о левосторонней асимметрии, т.е. положительные отклонения более вероятны, чем отрицательные. Значение коэффициента эксцесса 0,64 говорит о том, что график плотности вероятности имеет более «острый» пик, чем график плотности нормального распределения. Вместе с тем, отклонения от нуля коэффициентов асимметрии и эксцесса достаточно незначительны, чтобы при дальнейшей обработке результатов использовать гипотезу о нормальном распределении отклонений.

Регрессионный анализ зависимости разности температур от текущей температуры воздуха показал, что она низкого качества, т.е. практически отсутствует. Значения разности температур в рассматриваемых водоемах находились как в области положительных значений, так и в области отрицательных. Несмотря на то, что преимущественно температура воды ВО была выше, чем в ЦВ, значительная часть данных располагается в области отрицательных значений (см. рис. 1). Более того, ситуации, когда вода в ЦВ теплее, чем в ВО, не носят сезонный характер, т.к. не зависят от температуры воздуха. А это значит, что это не может быть объяснено более быстрым охлаждением водоема-охладителя по сравнению с Цимлянским водохранилищем осенью вследствие его мелководности. Поэтому причины подобных «аномалий» требуют дальнейшего исследования.

Таким образом, можно заключить, что несмотря на то, что большую часть времени температура воды в ВО выше, чем в ЦВ, говорить об однозначном влиянии тепловых сбросов АЭС на повышение температуры ЦВ нельзя.

Для определения значимости теплового влияния Ростовской АЭС на Цимлянское водохранилище было выполнено сравнение температуры воды в водохранилище в рассматриваемые годы с результатами многолетних наблюдений за ЦВ. [5]

Общий анализ гидрометеорологических данных в период с 2006 по 2009 гг. показал, что в целом наиболее теплой вода в Цимлянском водохранилище в непосредственной близости от фильтрующей плотины бывает в июле-августе (средние значения в анализируемый период 24,5°С и 23,9 °С соответственно, но в

2006 г. температура воды в августе была выше июльской). Средняя многолетняя температура воды в ЦВ в июле на $0,3^{\circ}\text{C}$ выше, чем в августе.

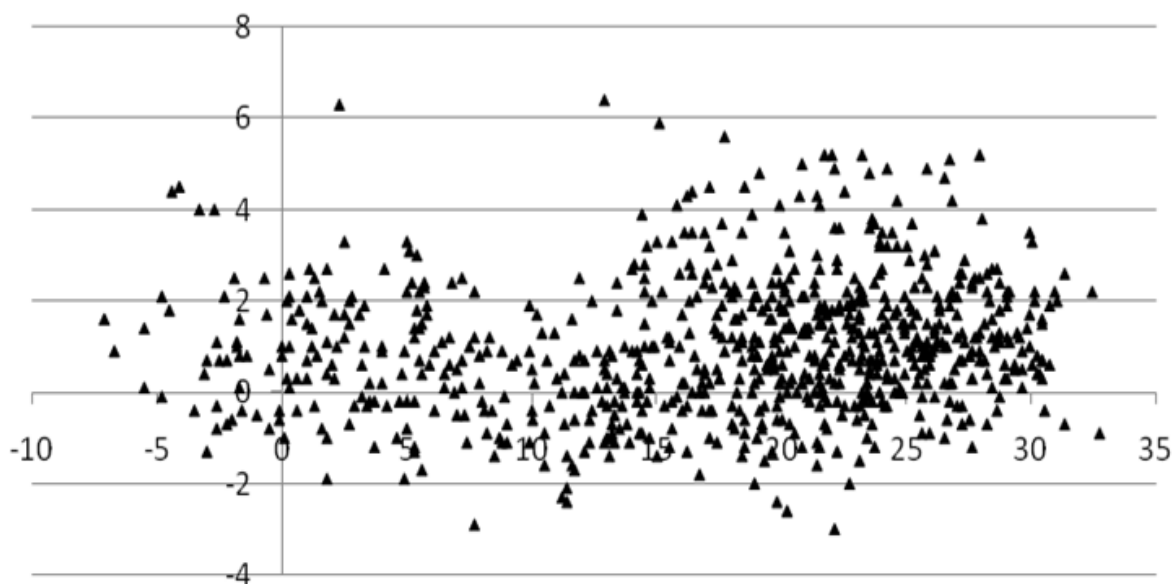


Рисунок 1 – Зависимость разности температур воды в ВО и ЦВ от температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Средняя температура воды в ЦВ в апреле в 2006-2009 гг. была выше среднего многолетнего значения на $2,2^{\circ}\text{C}$ (рис. 2), но необходимо иметь в виду, что апрель либо полностью, либо частично приходился на период планово-предупредительного ремонта энергоблока №1 Ростовской АЭС, когда сбросы подогретых вод отсутствуют. Например, температура воды в апреле 2006 г. была выше многолетней на $2,8^{\circ}\text{C}$, а блок не работал с 20 марта по 12 мая.

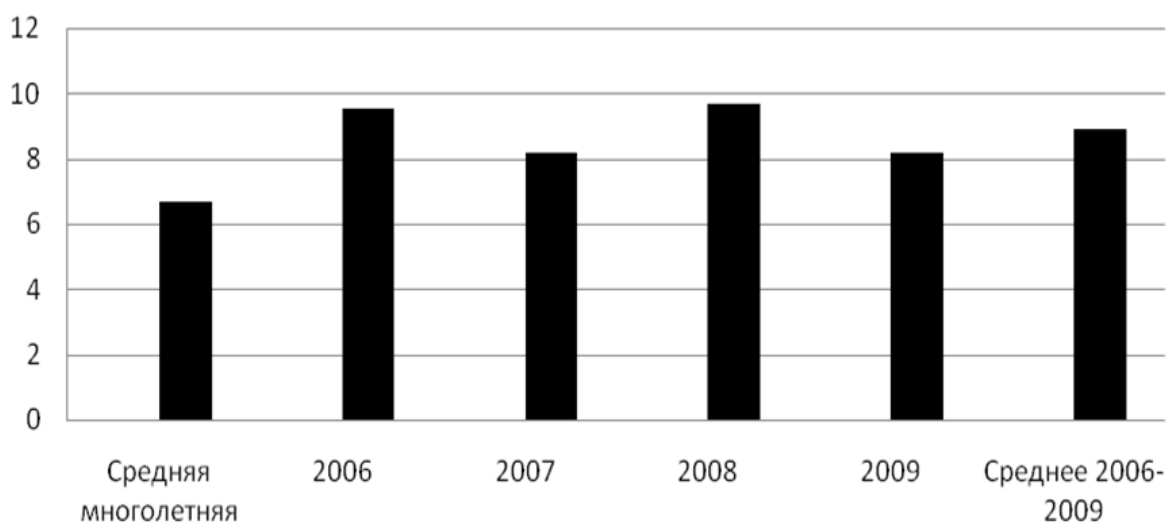


Рисунок 2 – Температура воды в ЦВ в апреле, $^{\circ}\text{C}$

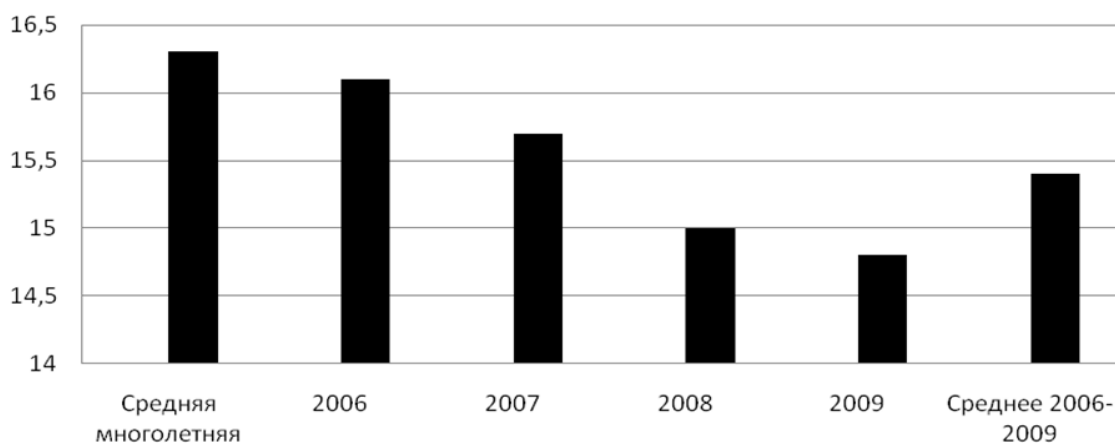


Рисунок 3 – Температура воды в ЦВ в мае, °С

Средняя температура воды в водохранилище в мае в 2006-2009 гг. была на 0,9°С ниже средней многолетней. Это не может быть связано только с ППР, поскольку, например, в мае 2009 г. средняя температура была на 1,5°С ниже среднего многолетнего значения, а ППР закончился 11 мая. А в 2006 г. ППР закончился 12 мая, а средняя температура месяца практически соответствовала среднемноголетнему значению (рис. 3). Таким образом, весной на температуру воды в Цимлянском водохранилище влияние оказывают не только тепловые сбросы АЭС, но и другие факторы, и значимость этих факторов достаточно высока.

В июне средняя температура воды в ЦВ в 2006-2009 гг. выше соответствующего многолетнего значения на 1°С. При этом наибольший вклад вносит 2007 г. с превышением в 2°С, в то время как в июне трех остальных лет рассматриваемого периода превышение многолетней величины было менее 1°С.

Анализ значений температуры воды в ЦВ в июле (наиболее теплая вода по многолетним наблюдениям) показывает, что превышение средней величины температуры многолетних наблюдений в 2006-2009 гг. составляет 0,7°С. При этом в 2006 г. средняя температура месяца была несколько ниже многолетней, а наиболее высокая средняя температура июля отмечалась в 2007 г., и она была выше многолетней на 1,9 °С (рис. 4).

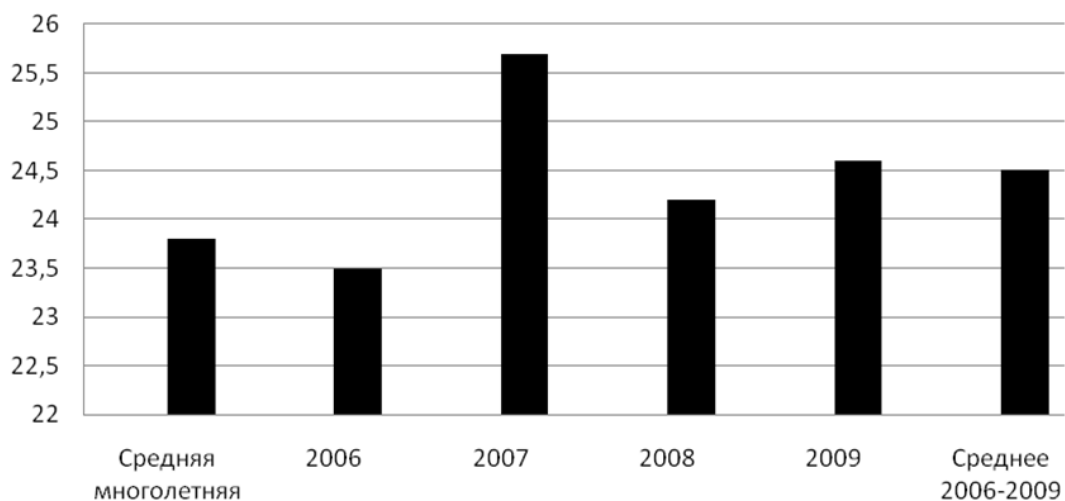


Рисунок 4 – Температура воды в ЦВ в июле, °С

В августе 2006-2009 гг. среднее значение температуры воды в ЦВ выше многолетнего лишь на $0,4^{\circ}\text{C}$, а в сентябре – всего лишь на $0,1^{\circ}\text{C}$, в октябре – на $1,3^{\circ}\text{C}$. Несмотря на то, что средняя температура воды в ноябре 2006 г. была на $1,1^{\circ}\text{C}$ выше среднего многолетнего значения, среднее значение этого показателя за рассматриваемый период на $0,1^{\circ}\text{C}$ ниже.

Результаты контроля температуры воды Цимлянского водохранилища, полученные ФГУ УВРЦВ в районе расположения Ростовской АЭС, не противоречат данным приведенным в технических отчетах РоАЭС [1 – 4].

Таким образом, максимальное превышение средней температуры воды в Цимлянском водохранилище в рассматриваемый период средних многолетних значений [5] приходится на апрель месяц ($2,2^{\circ}\text{C}$), т.е. полностью или частично на период ППР (рис. 5). В остальные месяцы эта величина – менее $1,5^{\circ}\text{C}$., а летом – в пределах 1°C . При таком небольшом различии значений сравниваемых параметров для установления его значимости необходимо провести дополнительный анализ погрешностей их определения.

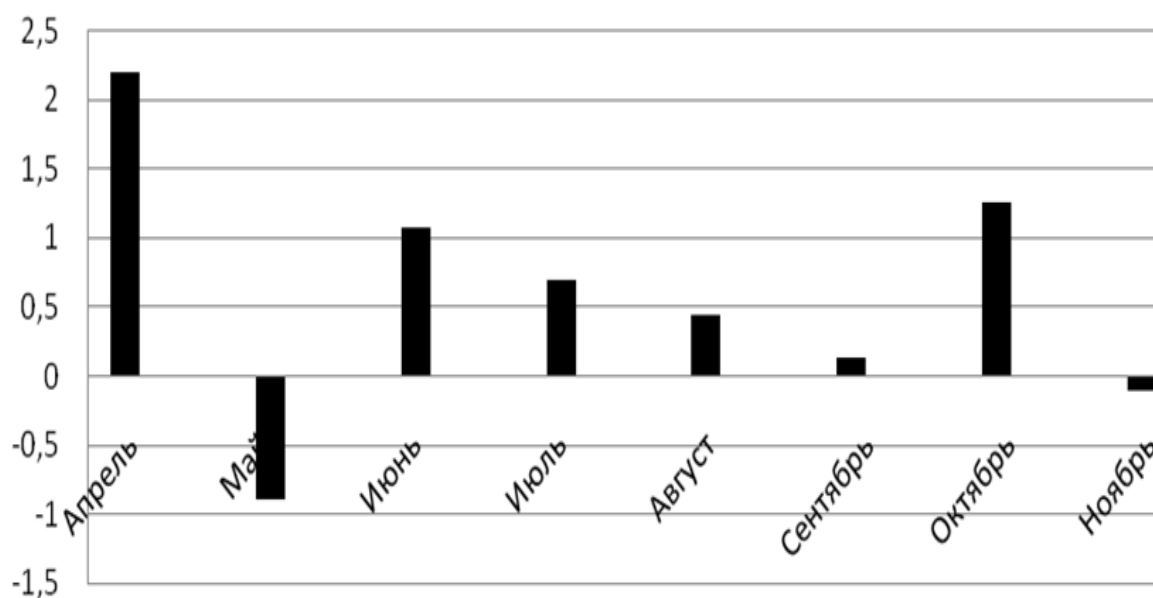


Рисунок 5 – Разность средней температуры воды в ЦВ за 2006-2009 гг. и средних многолетних значений, $^{\circ}\text{C}$

Для определения факторов, влияющих на температуру воды в ЦВ в непосредственной близости от плотины, отделяющей ВО от ЦВ, был использован регрессионно-корреляционный анализ данных гидрометеорологического мониторинга. [1-4] Полученная зависимость температуры воды в ЦВ от температуры воды в ВО (на примере 2009 г.) имеет очень высокое качество связи (рис. 6). Это означает, что эти два параметра жестко связаны между собой.

При определении взаимосвязи между температурой воды в ЦВ и температурой воздуха так же была получена математическая зависимость с очень высоким коэффициентом детерминации (рис. 7). Поэтому была определена зависимость температуры воды в ВО от температуры воздуха, при этом коэффициент детерминации так же близок к единице (рис. 8).

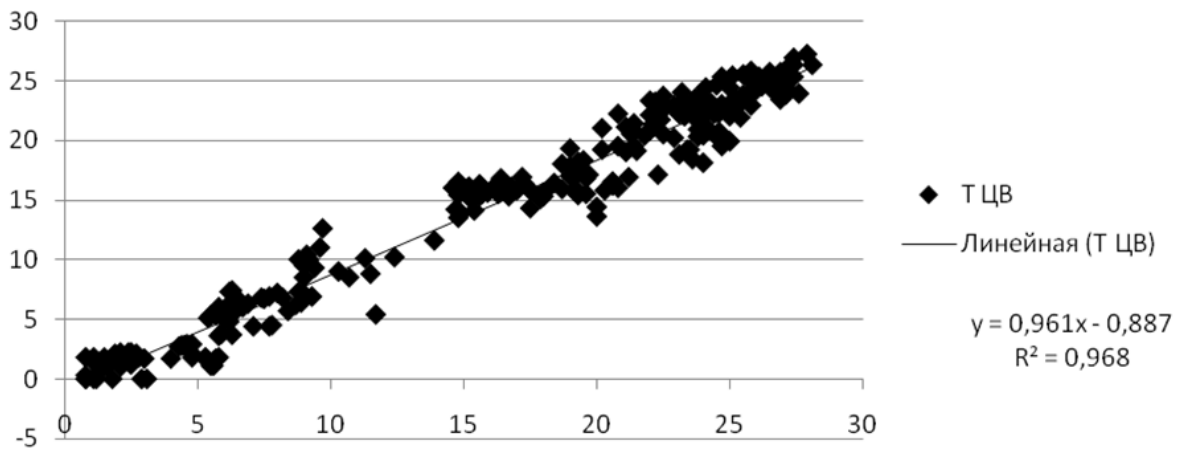


Рисунок 6 – Зависимость температуры воды в ЦВ от температуры воды в ВО, °С

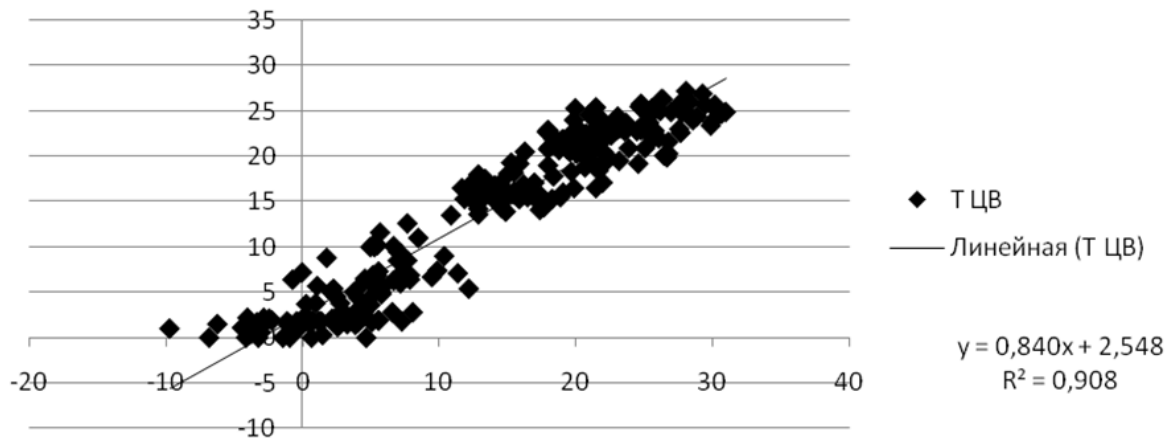


Рисунок 7 – Зависимость температуры воды в ЦВ от температуры воздуха, °С

Таким образом, на основании проведенного анализа данных (а он был выполнен и для других лет рассматриваемого периода с аналогичным результатом) можно утверждать, что как на температуру воды в ЦВ, так и на температуру воды в ВО определяющее влияние оказывает температура воздуха.

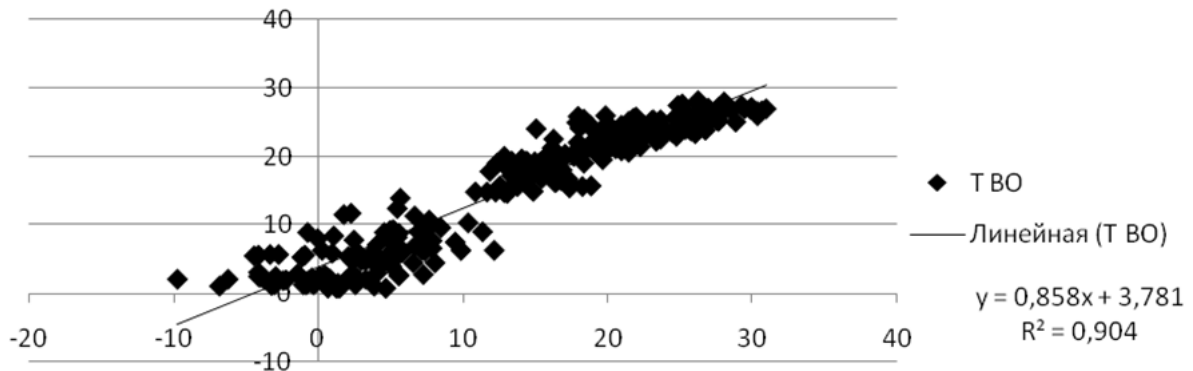


Рисунок 8 – Зависимость температуры воды в ВО от температуры воздуха, °С

При этом проведенный анализ показал практически полное отсутствие зависимости температуры воды как в ЦВ так и ВО от скорости ветра (рис. 9).

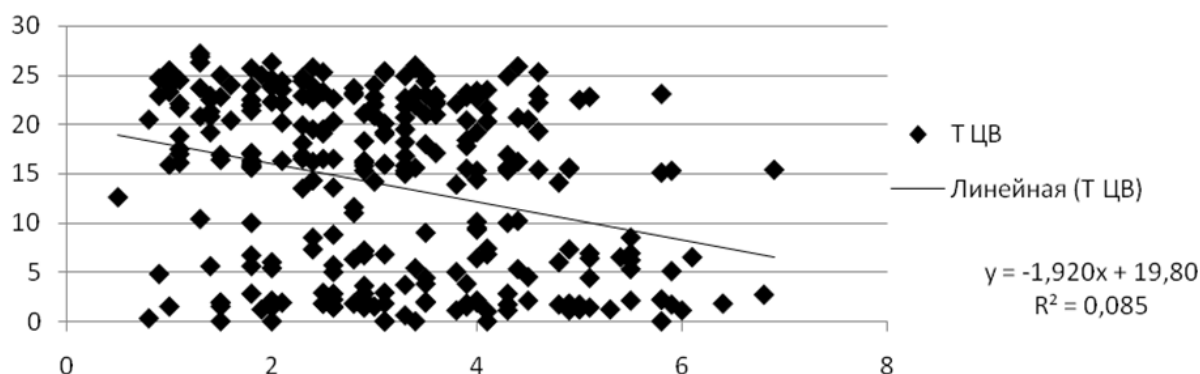


Рисунок 9 – Зависимость температуры воды в ЦВ (°С) от скорости ветра (м/с)

Зависимость температуры воды в ЦВ (рис. 10) и ВО от относительной влажности воздуха имеет более высокий коэффициент детерминации (0,543 и 0,564 соответственно), но в обоих случаях характер зависимости противоречит физическому представлению о том, что более низкая влажность увеличивает испарение воды с поверхности водного объекта, следовательно, должна приводить к понижению ее температуры. Для объяснения этой «странности» была получена зависимость относительной влажности воздуха от его температуры. Анализ этой зависимости показал, что существует определенное распределение относительной влажности воздуха по сезонам года, т.е. от температуры воздуха. Поэтому математическая модель на рисунке 9 отражает зависимость температуры воды в ЦВ от изменения температуры воздуха опосредованно через сезонное изменение относительной влажности воздуха, в связи с этим и коэффициент детерминации на рисунке 9 несколько ниже, чем на рисунке 10. Это пример того, что использование математических инструментов без физической интерпретации полученных закономерностей может привести к неверным результатам анализа данных.

Для более детального определения влияния относительной влажности воздуха на температуру воды в ВО необходимо провести дополнительные исследования, поскольку известно, что в летние месяцы охлаждение, сбрасываемых АЭС в этот водоем, подогретых вод происходит преимущественно за счет испарения.

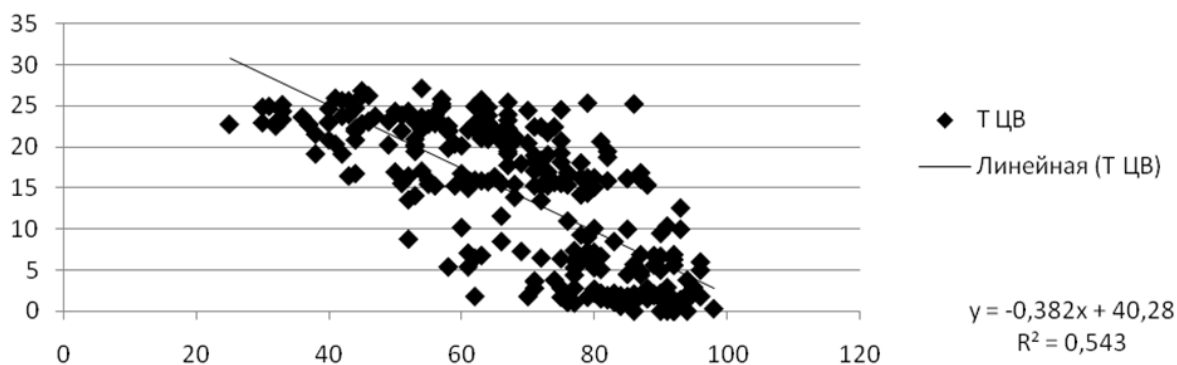


Рисунок 10 – Зависимость температуры воды в ЦВ (°С) от относительной влажности воздуха (%)

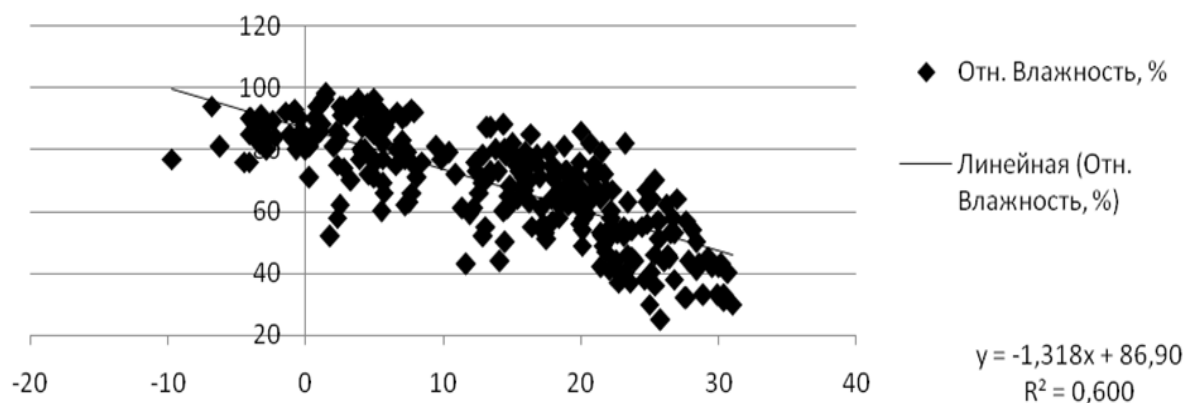


Рисунок 11 – Зависимость относительной влажности воздуха (%) от его температуры (°С)

Таким образом, по итогам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Превышение средней температуры воды в Цимлянском водохранилище в период 2006-2009 гг. средних многолетних значений [5] составляет менее 1,5°С., а летом – в пределах 1°С.

2. На температурный режим, как Цимлянского водохранилища, так и водоема-охладителя, практически не влияет скорость ветра в диапазоне от 0 до 7 м/с.

3. Установлено, что наиболее мощное и определяющее влияние на температуру воды Цимлянского водохранилища и водоема-охладителя оказывает температура воздуха.

4. Несмотря на то, что большую часть времени температура воды в ВО выше, чем в ЦВ, говорить об однозначном влиянии тепловых сбросов АЭС на повышение температуры ЦВ нельзя.

5. Целесообразно дальнейшее развитие исследований с более детальным анализом влияния перечисленных факторов, в том числе с учетом погрешностей анализируемых параметров и привлечение данных о тепловой нагрузке АЭС в различные периоды времени.

Литература

1. Ростовская АЭС. Технический отчет «О натуральных гидрометеорологических наблюдениях за 2006 год». ОАО «НИАЭП». 2007. – 96 с.

2. Ростовская АЭС. Технический отчет «О натуральных гидрометеорологических наблюдениях за 2007 год». ОАО «НИАЭП». 2008. – 106 с.

3. Ростовская АЭС. Технический отчет «О натуральных гидрометеорологических наблюдениях за 2008 год». ОАО «НИАЭП». 2009. – 109 с.

4. Ростовская АЭС. Технический отчет «О натуральных гидрометеорологических наблюдениях за 2009 год». ОАО «НИАЭП». 2010. – 113 с.

5. Цимлянское, водораздельные и Манычское водохранилища. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР, Л.: Гидрометеиздат, 1977, 204 с.

6. Ростовская АЭС. Энергоблоки 1 – 4. Оценка воздействия на окружающую среду. ОАО «НИАЭП», г. Н. Новгород, 2008 г.

Бубликова Ирина Альбертовна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой инженерной экологии, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». E-mail: IABublikova@mephi.ru.

Цуверкалова Ольга Феликсовна – доцент кафедры информационных и управляющих систем, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». E-mail: o_fel@mail.ru.

Баклыкова Мария Георгиевна – студентка, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». E-mail: oranjevaya_masha@mail.ru.

Bublikova Irina A. – Candidate of technical science, senior lecturer, head of engineering ecology department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: IABublikova@mephi.ru.

Tsuverkalova Olga F. – senior instructor of information and managing systems department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: o_fel@mail.ru.

Baklykova Maria G. – student, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: oranjevaya_masha@mail.ru.



УДК 556.5.072 (470.45)(470.61)

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.И. Шаврак, И.А. Генераленко, В.М. Сапельников

<p style="text-align: center;"><i>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» Федеральное государственное учреждение «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища».</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI» The Federal State Institution «Water resources management of Tsimlyansk reservoir»</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Рассмотрен комплекс показателей состояния Цимлянского водохранилища (ЦВ), включающий в себя морфометрические характеристики, показатели абразии и заиливания, состав донных отложений, показатели гидрохимического и гидробиологического режимов, характеристики внутриводоемных процессов. Установлены основные тенденции изменения состояния ЦВ. Предложены мероприятия, направленные на его улучшение.

Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, морфометрия, абразия, донные отложения, загрязненность воды, внутри-водоемные процессы, биопродуктивность, тенденции.

We have considered the complex of indices of Zimlyansk reservoir (ZR) condition, including the morphometric characteristics, the indices of abrasion and silting, the composition of bottom sediment, the indices of hydrochemical and hydro-biological modes, the characteristics of intra-reservoir processes. We have determined the main tendencies of ZR condition changing. We proposed the arrangements, which are intended for ZR condition improvement.

Keywords: Zymlyansk reservoir, morphometry, abrasion, bottom sediment, pollution of water, intra-reservoir processes, bio-productivity, tendencies.

В России сейчас насчитывается 103 крупных водохранилища, большая часть которых была построена в 1950-1970-е годы. [1] К ним относится Цимлянское водохранилище (ЦВ), созданное в 1952 году в русле реки Дон. [2] На территории ЦВ сложился водохозяйственный комплекс (ВХК), включающий в себя Ростовскую АЭС, Цимлянскую ГЭС, порты в гг. Волгодонск и Калач-на-Дону, нефтебазы, рыболовецкие хозяйства и т.д. Перспективы дальнейшего функционирования ВХК ЦВ во многом зависят от современного состояния водохранилища. С целью его оценки нами рассмотрен комплекс характеристик, проанализирована динамика их изменения. В качестве исходной информации использованы данные ФГУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища» и результаты исследований, проводимых в 2000-2010 гг. на кафедре инженерной экологии ВИ ЮРГТУ (в настоящее время ВИТИ НИЯУ «МИФИ»).

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦВ И ПОКАЗАТЕЛИ АБРАЗИИ БЕРЕГОВ

В 2003-2004 гг. филиалом ОАО «Инженерный центр ЕЭС» – «Институт Гидропроект» (г. Москва) производились уточнения морфометрических параметров ЦВ. [3] В таблице 1 представлены некоторые результаты этих исследований в сопоставлении с характеристиками водоема по состоянию на 1954 год. За полвека произошло уменьшение средних глубины, ширины водоема, площади зеркала ЦВ в целом и мелководий в частности, сократились общая и полезная емкости ЦВ. Наряду с этим отмечается увеличение максимальных глубины и ширины ЦВ, рост протяженности береговой линии.

Таблица 1 - Изменение морфометрических характеристик ЦВ за период его эксплуатации

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение показателя		Изменение показателя за 50 лет эксплуатации, %
		1954 год [2]	2004 год [3]	
Максимальная глубина	м	28	30,8	+10,0
Средняя глубина	м	8,8	8,7	-1,1
Длина ЦВ	км	360	360	0
Максимальная ширина ЦВ	км	38	40	+5,3
Средняя ширина ЦВ	км	10,4	8,5	-18,3
Протяженность береговой линии	км	912	936	+2,6
Площадь мелководий	км ²	314	269	-14,3
Площадь зеркала при НПУ	км ²	2702	2624	-2,9
Полная емкость при НПУ	км ³	23,86	22,974	-3,7
Полезная емкость	км ³	11,54	11,298	-2,1
Объем заиления	млн. м ³	-	822	+100

Одной из основных причин преобразований ЦВ является волновая переработка берегов (абразия). ФГУ «УВРЦВ» осуществляет постоянный контроль за интенсивностью абразионных процессов. За период 1953-2009 гг. отмечено продвижение бровки левого берега ЦВ на 189 м, бровки правого берега – на 106 м, т.е. интенсивность абразионных процессов на левобережье ЦВ выше, чем на правобережье, более чем на 40%. Согласно [4], это объясняется влиянием на волновую переработку геотектонического фактора. С течением времени из-за смены литологического состава пород [5], слагающих размываемые склоны берега, отмечается снижение масштабов абразии. Среднегодовые величины продвижения бровки левого и правого берегов ЦВ уменьшились в 1995-2008 гг. по сравнению с 1953-1994 гг. почти в два раза. Межгодовые изменения показателей абразионных процессов в значительной степени зависят от показателей гидрологического режима ЦВ. В таблице 2 представлены соответствующие характеристики ЦВ за 2000-2009 гг.

С помощью программного комплекса «STATISTICA-7» нами проведен корреляционный анализ данных таблицы 2. В связи с незначительными объемами



выборок и отклонениями их распределений от нормального исследование взаимосвязей между показателями гидрологии и абразии осуществляли с помощью непараметрической статистики Спирмена.

Таблица 2 - Показатели гидрологического режима и интенсивности абразии (2000-2009 гг.)

Год	Объем стока в створах ЦВ, км ³		Уровень воды в ЦВ, м БС*		Коэффициент водообмена, К _W	Величина продвижения бровки берега, м/год**		
	верхний створ, V _В	нижний створ, V _Н	средне-взвешенный Y _с	Максимальный Y _{max}		X _L	X _р	X _s
2000	19,8	13,3	33,31	35,45	0,8	1,56	0,84	1,21
2001	19,7	13,6	33,73	35,75	0,9	5,12	0,99	3,05
2002	16,3	13	33,16	35,44	0,8	1,37	1,02	1,19
2003	22,2	14,8	33,15	35,66	1,0	2,25	1,0	1,62
2004	20,1	16,7	33,95	35,99	1,0	5,73	1,25	3,49
2005	23,3	19,8	33,82	35,65	1,2	0,79	2,0	1,39
2006	17,1	12,2	33,70	35,59	0,8	0,51	0,25	0,38
2007	23,3	13,1	33,35	35,2	1,0	1,12	0,94	1,03
2008	17,6	13,1	33,33	35,57	0,9	1,98	0,75	1,36
2009	12,5	11,4	32,55	34,42	0,7	0,48	0,13	0,3

* временные масштабы осреднения соответствовали рассматриваемому году,
 ** X_L и X_р – среднегодовые величины продвижения бровки, соответственно, левого и правого берегов ЦВ;
 X_s – характеристика продвижения бровки берега для водоема в целом, определяется как среднее арифметическое величин X_L и X_р.

В таблице 3 приведены значения полученных коэффициентов корреляции. Жирным шрифтом выделены значимые связи, для которых p<0,05. Величина продвижения бровки левого берега коррелирует с максимальным уровнем воды, интенсивность абразии правого берега тем больше, чем больше коэффициент водообмена и объем стока в нижнем створе.

Таблица 3 - Матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена для показателей гидрологического режима и интенсивности абразии

	V _В	V _Н	Y _с	Y _{max}	K _W	X _L	X _р	X _s
V _В	1,00	0,71	0,44	0,37	0,90	0,29	0,58	0,49
V _Н	0,72	1,00	0,34	0,75	0,80	0,60	0,97	0,85
Y _с	0,44	0,34	1,00	0,23	0,48	-0,05	0,33	0,11
Y _{max}	0,37	0,75	0,23	1,00	0,55	0,70	0,55	0,87
K _W	0,90	0,80	0,48	0,55	1,00	0,39	0,72	0,64
X _L	0,29	0,60	-0,05	0,70	0,39	1,00	0,45	0,87
X _р	0,58	0,97	0,33	0,55	0,72	0,45	1,00	0,69
X _s	0,49	0,85	0,11	0,87	0,64	0,87	0,69	1,00

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Продукты абразии берегов, а также речные наносы формируют донные отложения (ДО) ЦВ. Фактический объем ДО на 2003 год составил 822 млн. м³, в том числе в пределах полезного объема – 180 млн. м³ или 23% от общего количества отложений. [3] Средняя скорость заиления, определенная нами косвенным путем на основании балансовых расчетов, равна $6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \text{ ила/м}^2 \cdot \text{год}$. С учетом этого показателя выгодное в хозяйственном отношении использование водных ресурсов станет затруднительным предположительно через 723 года, при заилении части ЦВ, ограниченной мертвым объемом. В таблице 4 показаны характеристики заиления участков ЦВ. Приведенные результаты свидетельствуют о различиях как в скоростях заиления, так и в степени заполнения отдельных участков. Для поддержания устойчивости эксплуатации ЦВ необходимо осуществлять локальную очистку его дна. В первую очередь это необходимо проводить в Приплотинном участке, где наблюдается занесение илами части полезного объема ЦВ.

Таблица 4 – Характеристики заиления Цимлянского водохранилища

Участок ЦВ	Площадь участков, км ²	Объем ДО, млн. м ³	Средняя скорость заиления, $10^{-3} \text{ м}^3 \text{ ила/м}^2 \cdot \text{год}$	Средняя глубина участка, м	Степень заполнения участка ДО, %
Верхний	304	100	6	4,5	7
Чирской	400	150	7	6,0	6
Центральный	1040	212	4	8,8	2
Приплотинный	880	360	8	12,2	3

ДО являются потенциальным источником вторичного загрязнения воды ЦВ. 20 лет тому назад илы ЦВ содержали в 3-10 раз больше хрома, свинца, меди, марганца, никеля, бария, чем отложения р. Дон до ее зарегулирования. [7] В последующие десятилетия не проводилось мониторинга ДО ЦВ. С помощью метода балансовых расчетов нами косвенным путем проведена оценка содержания тяжелых металлов (ТМ) в ДО, формировавшихся на территории всего ЦВ в 2005-2008 гг. Ориентировочные концентрации ТМ в формируемых ДО (без учета влажности отложений) рассчитывались по формуле:

$$C_i = 1000 * \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i + m_{\text{CaCO}_3} + m_{\text{взвеси}} + m_{\text{абразии}} + m_{\text{ОВ}}}$$

где c_i – содержание i -го металла, мкг/г отложений,

$m_i, \sum_{i=1}^n m_i, m_{\text{CaCO}_3}, m_{\text{взвеси}}, m_{\text{абразии}}, m_{\text{ОВ}}$ – среднегодовые массы аккумулируемых на дне водохранилища, соответственно, i -го ТМ, всех рассматриваемых металлов, массы карбонатов (в пересчете на CaCO_3), взвешенных веществ, продуктов абразии берегов, оседающего на дно органического вещества (ОВ).



Расчет масс отдельных составляющих, представленных в формуле, проводили в соответствии с уравнением:

$$m_i = \left(\sum_{k=1}^n m_i^k (\text{Дон}) + m_i^k (\text{абразия}) + m_i^k (\text{приточность}) - \sum_{k=1}^n C_i^k \cdot Q^k (\text{нижний бьеф}) + Q^k (\text{ирригация}) + Q^k (\text{шлюзование}) + Q^k (\text{промышленность}) \right) / n$$

- где: m_i^k (Дон) - масса i -го ингредиента, поступившего в ЦВ со стоком Дона в течение k -го года, тн;
 m_i^k (абразия) - масса i -го ингредиента, поступившего в ЦВ в течение k -го года с продуктами абразии берегов, тн;
 m_i^k (приточность) - масса i -го ингредиента, поступившего в ЦВ со стоком рек боковой приточности в течение k -го года, тн;
 C_i^k - среднегодовая (за k -й год) концентрация i -го ингредиента в створе р. Дон в нижнем бьефе ЦВ, мг/дм³;
 Q^k (нижний бьеф) - объем воды, прошедший через нижний бьеф ЦВ в течение k -го года, млн. м³,
 Q^k (ирригация) - объем воды, поступивший в Донской магистральный канал для ирригационных целей в течение k -го года, млн. м³;
 Q^k (шлюзование) - объем воды, пропущенный через шлюзы в течение k -го года, млн. м³;
 Q^k (промышленность) - объем воды, израсходованный на нужды промышленности течение k -го года, млн. м³;
 n - количество рассматриваемых лет ($n=4$, 2005-2008 гг.).

Масса трудноминерализуемого ОВ, поступающего в донные отложения в течение года, составляет, согласно [8], около 0,4 млн. т. После нахождения ориентировочных концентраций ТМ в ДО, формирующихся на территории всего ЦВ в 2005-2008 гг., было проведено сопоставление полученных результатов с характеристиками отложений р. Дон до зарегулирования. Для этого использовались показатели загрязнения илов i -м элементом $K_{\text{доцв}}^i$, показывающие, во сколько раз концентрация i -го элемента в ДО ЦВ больше содержания того же элемента в ДО р. Дон до зарегулирования. Относительное изменение полиэлементного состава ДО за тот же период характеризовалось с помощью показателя $Z_{\text{доцв}}$, рассчитываемого по формуле:

$$Z_{\text{доцв}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{доцв}}^i - (n - 1)$$

где n – число учитываемых элементов.

Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели загрязненности ДО ЦВ тяжелыми металлами

Металл	Масса металла, аккумулированного в ЦВ, тонн в год		Характеристики ДО ЦВ, сформированных в 1952-1989 гг		Характеристики ДО ЦВ, сформированных в 2005-2008 гг	
	1983-1989 гг	2005-2008 гг	$C_{\text{доцв}}^i, \% \cdot 10^{-3}$	$K_{\text{доцв}}^i$	$C_{\text{доцв}}^i, \% \cdot 10^{-3}$	$K_{\text{доцв}}^i$
Марганец	2000	957	75	5	50	3
Барий	1656	0	52	10	0	0
Цинк	264	0	6	6	0	0
Хром	237	6	10	8	4	3
Никель	92	19	4	8	8	16
Медь	74	2	4	4	1	1
Свинец	58	9	2	4	4	8
$Z_{\text{доцв}}$			39		25	

В среднем, как показывают расчеты, суммарное загрязнение ДО ЦВ, формируемых в 2005-2008, выше, чем загрязнение речных отложений до зарегулирования стока, в 25 раз.

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОДЫ ЦВ

Нами проведена комплексная оценка загрязненности воды в ЦВ в период 2000-2009 гг. Перечень рассматриваемых ингредиентов включал в себя 15 наиболее, характерных для поверхностных вод Российской Федерации, веществ: растворенный кислород, БПК₅, фенолы, нефтепродукты, нитриты, нитраты, азот аммонийный, фосфаты, хлориды, сульфаты, железо, медь, цинк, марганец, никель. [9] Согласно оценке Росгидромет [9], был установлен вклад этих веществ в загрязнение воды ЦВ. Наибольшую опасность для участников ВХК ЦВ представляют марганец, нефтепродукты, медь и БПК₅. В соответствии с [9] были рассчитаны значения удельных комбинаторных индексов загрязненности воды УКИЗВ, представленные на рисунке 1. В верхнем бьефе на протяжении всего рассматриваемого периода вода относилась к 3 классу Б, очень загрязненная. Качество воды в нижнем бьефе преимущественно соответствовало 3 классу А, загрязненная. Степень загрязнения воды в нижнем бьефе ЦВ в течение 7 лет из 10, рассматриваемых ниже, чем в верхнем бьефе.

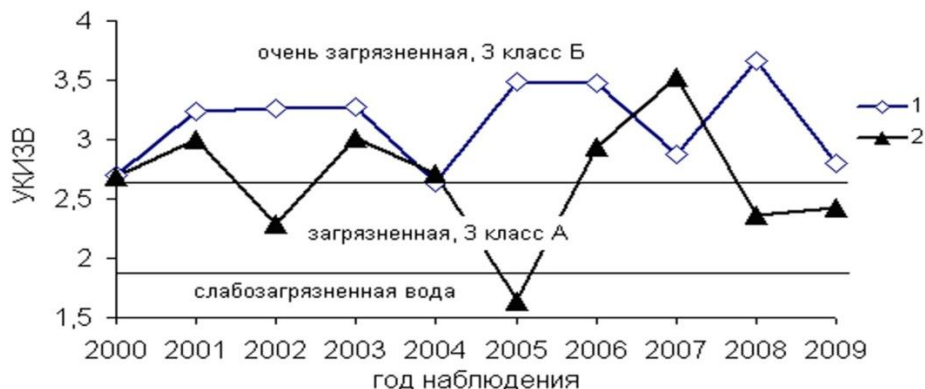


Рисунок 1 – Межгодовые колебания УКИЗВ воды ЦВ
1 – верхний бьеф, 2 – нижний бьеф

ОЦЕНКА НАПРАВЛЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ДОН – ЦВ

Для характеристики системы река-водохранилище нами использовался показатель, отражающий соотношение относительных величин изменений химического и водного стока на замыкающих створах ЦВ, так называемый индекс направленности процессов ИНП. [10] Расчет ИНП проводили по нижеприведенной формуле:

$$ИНП_i^j = 100 * \left(\frac{\sum_{k=1}^{12} C_{ik}^{rj} * Q_k^{rj} - \sum_{k=1}^{12} C_{ik}^{wj} * Q_k^{wj}}{\sum_{k=1}^{12} C_{ik}^{rj} * Q_k^{rj}} - \frac{\sum_{k=1}^{12} (Q_k^{rj} - Q_k^{wj})}{\sum_{k=1}^{12} Q_k^{rj}} \right) ,\%$$

где C_{ik}^{rj} и C_{ik}^{wj} - концентрации i-го компонента в k-й- месяц j- го года, соответственно в верхнем и нижнем бьефах водохранилища, мг/дм³;
 Q_k^{rj} и Q_k^{wj} - расходы воды в верхнем и нижнем бьефах в k-й- месяц j- го года, млн.м³.

При ИНП>0 происходит аккумулятивное состояние ингредиентов в водоеме, если ИНП<0-наблюдается загрязнение водной фазы, т. н. азональное состояние. Динамика ИНП за 2000-2009 гг. для ряда ингредиентов воды ЦВ представлена на рисунке 2. Наибольшие значения ИНП отмечены для нитратов, фосфатов и марганца. По отношению к этим ингредиентам сформировано аккумулятивное состояние. Его максимальная интенсивность наблюдалась в 2004 году. В 2001, 2003-2005 гг. наблюдалось загрязнение ЦВ нефтепродуктами, в 2002, 2003 и 2007 – аммонийным азотом, в 2003 и 2006 – медью. В 2008 и 2009 гг. для ЦВ характерно только аккумулятивное состояние. Вероятно, это является одной из причин снижения степени загрязненности воды ЦВ в эти годы (рис.2).

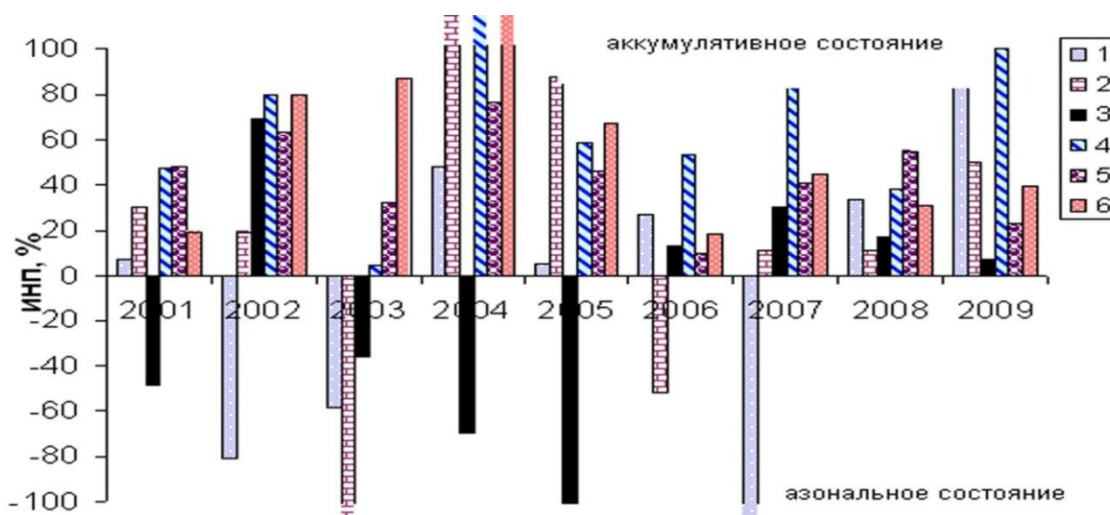


Рисунок 2 – Динамика показателя ИНП для ингредиентов воды ЦВ
 1 – аммонийный азот, 2- медь, 3 – нефтепродукты,
 4 – нитраты, 5 – фосфаты, 6 – марганец

ТРОФНОСТЬ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ЦВ

Аккумуляция в ЦВ нитратов и фосфора способствует повышению трофности водоема. С помощью показателя $pH_{100\%}$ (pH , приведенный к 100%-ному насыщению кислородом) [11] нами была проведена оценка уровня трофности ЦВ в 2001-2009 гг. Значения $pH_{100\%}$ рассчитывались по формуле:

$$pH_{100\%} = \sum_{i=1}^n pH_i/n - 0,007 * \left(\sum_{i=1}^n [O_2]_i / n \right),$$

где pH_i – измеренные значения pH за летне-осенний период соответствующего года,
 $[O_2]$ – концентрации O_2 (в% насыщения), измеренные синхронно с pH ;
 0,007 – эмпирический коэффициент зависимости pH от O_2 , установленный нами для воды ЦВ;
 n – число измерений.

На рисунке 3 показана динамика уровня трофности ЦВ. Состояние ЦВ в рассматриваемый период может быть преимущественно оценено как эвтрофное. До 2004 года уровень трофности был выше в верхнем бьефе. В дальнейшем ситуация изменилась на противоположную. Одной из возможных причин этого является повышенная интенсивность процессов аккумуляции биогенных элементов в 2004 году (рис.2).

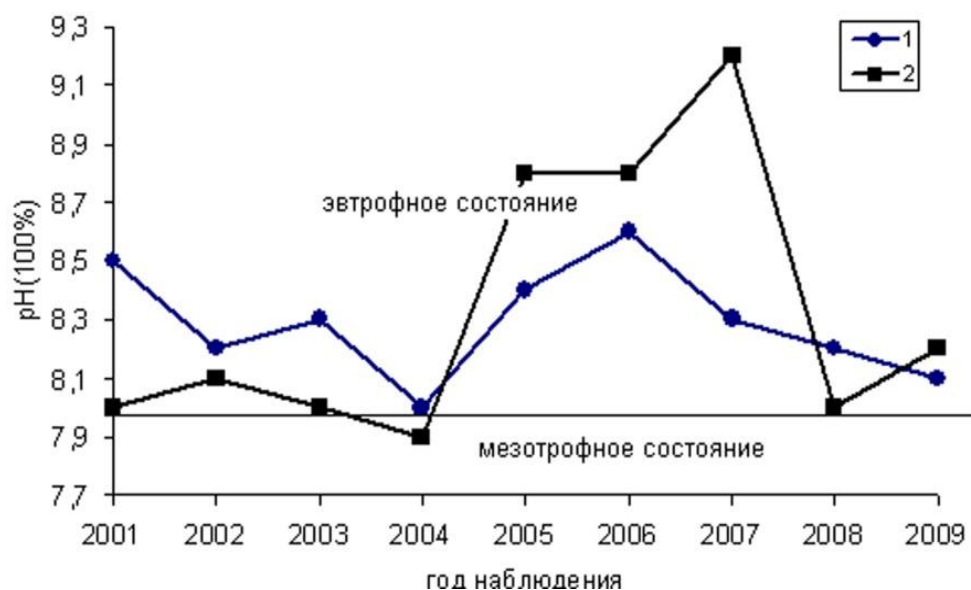


Рисунок 3 – Межгодовая динамика уровня трофности ЦВ
 1 – верхний бьеф, 2 – нижний бьеф

ЦВ имеет важное рыбохозяйственное значение. На рисунке 4 показана динамика среднегодовой урожайности рыбной молоди и объемов вылова рыбы за 2001-2008 гг. Эти показатели в ЦВ до 2005-2006 гг. неуклонно уменьшались, затем начали увеличиваться. Росту биопродуктивности ЦВ в 2007-2008 гг., наряду с другими, неучтенными в данном исследовании, факторами способствовало снижение загрязнения воды нефтепродуктами (рис.2).

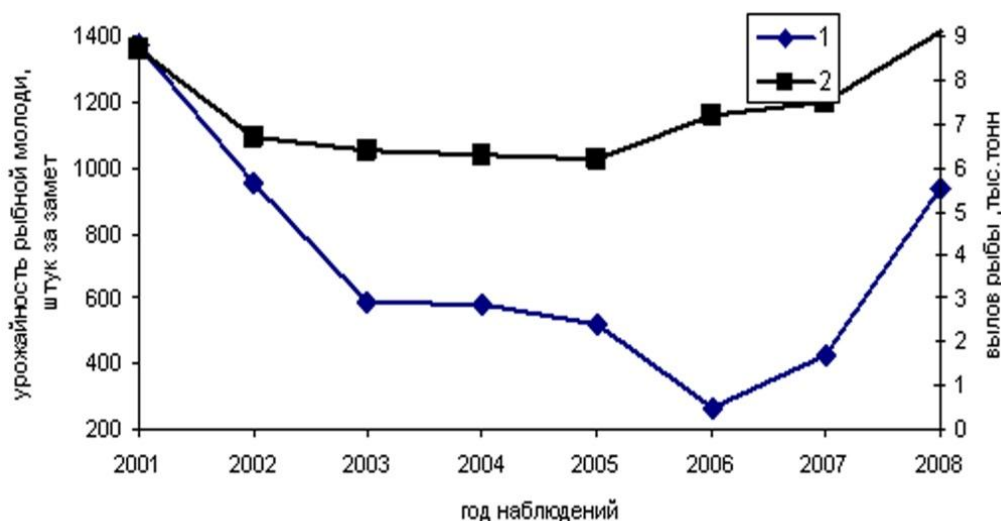


Рисунок 4 – Динамика биопродуктивности ЦВ
1 – среднегодовая урожайность рыбной молоди, 2 – вылов рыбы

ТЕНДЕНЦИИ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЦВ

В ходе рассмотрения показателей состояния ЦВ установлены тенденции дальнейшего его изменения, представленные в таблице 6. Основными предпосылками негативных тенденций являются, сформированные к настоящему времени, уровни загрязненности и трофности ЦВ. Позитивные тенденции основаны на возможности регулирования процессов формирования качественных показателей водоема. Управление использованием водных ресурсов должно быть направлено на усиление позитивных и нивелирование негативных тенденций. К возможным мероприятиям, отвечающим этому требованию, относятся локальное удаление отложений, заполняющих полезный объем ЦВ; изучение возможности использования удаляемых отложений в качестве органо-минеральных удобрений, основаниями для этого являются, с одной стороны – высокое содержание в илах марганца, с другой – уменьшение концентрации данного металла в почвах юга России, способствующее снижению их плодородия [12]; минимизация антропогенного загрязнения ЦВ органическими веществами, биогенными элементами, тяжелыми металлами; регулирование интенсивности абразионных процессов не только путем укрепления берегов, но и с помощью управления уровневый режимом.

Таблица 6 – Тенденции изменения состояния ЦВ

Позитивные тенденции		Негативные тенденции	
содержание	характеристика	содержание	характеристика
1	2	3	4
незначительность изменения основных морфометрических характеристик ЦВ (1954-2004 гг.)	изменения площади зеркала, длины береговой линии, объема водоема $\leq 4\%$	заиление части полезного объема ЦВ	объем отложений в пределах полезного объема составляет 23% от общего количества илов

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
снижение интенсивности абразионных процессов	почти в два раза за полвека эксплуатации;	загрязненность ДО ЦВ тяжелыми металлами	превышает загрязнение речных отложений до зарегулирования стока в 25 – 39 раз
возможность осуществления водохранилищем регулирования стока	заиление мертвого объема ЦВ произойдет не ранее, чем через 700 лет	загрязненность воды ЦВ	качество воды соответствует 3 классу А, загрязненная.
уменьшение загрязнения формируемых в настоящее время ДО ЦВ	прогнозируется снижение загрязненности ДО на 36% по сравнению с ДО 20 лет назад	комплексность загрязнения воды ЦВ	Загрязнители воды ЦВ: марганец, нефтепродукты, медь, БПК ₅ , сульфаты, аммоний, фосфаты.
улучшение качества воды при прохождении ее по водохранилищу	УКИЗВ воды в нижнем бьефе ЦВ меньше, чем в верхнем бьефе.	кризисная экологическая ситуация	в течение 6 лет из 9 рассматриваемых (2000-2009 гг.) отмечались значения ИНП =71-90%
эффективные внутриводоемные процессы самоочищения	среднегодовые значения ИНП для нитратов и фосфатов равны, соответственно 66 и 44%	значительный уровень трофности ЦВ	$pH_{100\%} \geq 8$ (период 2000-2009 гг.)
уменьшение загрязненности воды ЦВ в 2007-2008 гг. нефтепродуктами, благоприятствующее росту биопродуктивности	повышение урожайности рыбной молоди в рассматриваемый период более, чем в два раза	усиленное развитие синезеленых водорослей в летне-осенний период	биомасса водорослей достигает 800 000-1 000 000 мг/м ³

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Проведена оценка комплекса показателей состояния ЦВ, включающего в себя характеристики морфометрии, абразии берегов, заиливания, состава донных отложений, степени загрязненности воды, внутриводоемных процессов, уровня трофности и биопродуктивности ЦВ.

Установлены как позитивные, так и негативные тенденции дальнейшего изменения состояния ЦВ. К позитивным относятся незначительность изменения основных морфометрических характеристик ЦВ за период его эксплуатации, снижение интенсивности абразионных процессов, возможность регулирования стока в долгосрочной перспективе, уменьшение загрязненности тяжелыми металлами воды и



ДО ЦВ, самоочищение воды ЦВ.

Негативные тенденции проявляются в заиливании части полезного объема ЦВ, высоком уровне загрязненности ДО ЦВ тяжелыми металлами, значительной загрязненности воды ЦВ комплексом ингредиентов, значительном уровне трофности ЦВ, способствующем усиленному развитию синезеленых водорослей.

Литература

1. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., С.А. Добролюбов. Гидрология. М.: Высшая школа, 2008. 463 с.
2. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища.: Гидрометеиздат, 1977.-204 с.
3. Сводный технический отчет «Уточнение морфометрических характеристик Цимлянского водохранилища с целью повышения эффективности режима его эксплуатации». «Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» – «Институт Гидропроект», г.Москва, 2004 г
4. Вендров С.Я., Ключева В.А. Деформация берегов и дна Цимлянского водохранилища за 20 лет. Геоморфология. 1972. № 4. С.26-32.
5. Бессонов О.А., Казьмина Л.Н., Молодкин П.Ф. Динамика переформирования берегов Цимлянского водохранилища. Водные ресурсы. 1994. № 2. С. 218-224.
6. Вараксин А.Н. Статистические модели регрессионного типа в экологии и медицине. Екатеринбург: изд-во «Гошицкий», 2006. – 256 с.
7. Хованский А.Д. Цимлянское водохранилище – комплексный геохимический барьер для р. Дон. Известия СКНЦ, Естественные науки. 1989. №2. С. 23-28.
8. Цыба Н.П., Позднякова А.Н, Семенова А.Д. О продуцировании и деструкции органического вещества в Цимлянском водохранилище. Гидрохимические материалы. 1975. т.64. С 127-136.
9. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Росгидромет. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 36 с.
10. Кривопалова З.Ф. Оценка состояния систем река-водохранилище в Челябинской области. Охрана природных вод России. Екатеринбург, 1992. № 20. С.126-133.
11. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. СПб.: Наука, 2004. 294 с.
12. Заболотная О. Н. Геохимия марганца и хрома в агроландшафтах Ростовской области// Материалы IV Международной научной конференции «Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа» (ЮРГТУ (НПИ), г. Новочеркасск, 4-6 февраля 2004 г.

Шаврак Елена Игнатьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология», Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».
E-mail: merphi2013@yandex.ru

Генераленко Ирина Анатольевна – ведущий специалист отдела водопользования Федерального государственного учреждения «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища».

Сапельников Вячеслав Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология», Волгодонский инженерно-технический институт –

филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».
E-mail: ec__2004@front.ru

Shavrak Elena I. – candidate of Technical Science, docent of Engineering Ecology Department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: mephi2013@yandex.ru

Generalenko Irina A. – the leading specialist of the water management department of the Federal State Institution «Water resources management of Tsimlyansk reservoir».

Sapelnikov Vyacheslav M. – candidate of Technical Science, docent of Engineering Ecology Department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail: ec__2004@front.ru



УДК 574: 502.51 (470.61)

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИПЛОТИННОГО ПЛЕСА ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МЕТОДОМ АЛЬГОЛИЗАЦИИ

С.Г. Калинина, Е.А. Ходяков, С.В. Яковлев

<p><i>Волгоградское отделение Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ВО ГосНИОРХ)</i></p>	<p><i>Volgograd branch of the State Scientific-Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKH)</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Представлены результаты исследования уровня биологического загрязнения водохранилища синезелеными водорослями и использования метода альголизации для предотвращения «цветения» воды.

Ключевые слова: синезеленые водоросли, альголизация, штамм хлореллы, Цимлянское водохранилище.

The results of the study the level of biological contamination of the reservoir of blue-green algae and the use of the method algolizatsii to prevent "blooming" of water.

Keywords: blue-green algae, algolizatsiya strain Chlorella Tsimlyanskoe reservoir.

Цимлянское водохранилище является одним из высокоэвтрофных водоемов Российской Федерации. Его географическое положение, гидролого-метеорологические факторы, характер затопленной территории обусловили в нем активные процессы образования органического вещества. Наиболее благоприятные условия сложились для обильного развития фитопланктона, в частности, синезеленых водорослей. Ежегодное «цветение» воды в летний период создает определенное экологическое напряжение, связанное, прежде всего, с ухудшением его санитарно-гигиенического состояния.

Поскольку Приплотинный плёс водохранилища обеспечивает г. Волгоград питьевой водой, то качество ее в источнике приобретает важное значение. Для улучшения экологического благополучия приплотинной части Цимлянского водохранилища была впервые применена новая биотехнология, с использованием метода альголизации. В его основе заложена способность штаммов зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* минимизировать обильное развитие возбудителей «цветения» воды – синезеленых водорослей. Автором разработки биотехнологии является канд. биол. наук Н.И. Богданов (2003, 2004). В дальнейшем с разной степенью эффективности осуществлялась ее адаптация на ряде водохранилищ Пензенской и Волгоградской области. Впервые внесение хлореллы для снижения степени «цветения» воды в Цимлянском водохранилище было выполнено на ограниченной акватории в 2006 г. и получены обнадеживающие результаты. В 2007 г. масштабы альголизации были расширены с включением Приплотинного плёса.

Работа осуществлялась при финансовом обеспечении ФГУП концерн «Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция». В софинансировании проводимых работ участвовали: ГУ «Экологический фонд» Волгоградской области и Донское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов. На договорных условиях активно принимали участие: аккредитованная гидрохимическая лаборатория и отдел водных ресурсов ФГУ «Управление водными ресурсами

Цимлянского водохранилища» (г. Цимлянск), ООО «Научно-внедренческий центр «Новые технологии» (г. Новочеркасск), Экологический центр аналитического контроля ОАО «Каустик» (ООО «Научно-техническая фирма «Экосимвол» г. Волгоград), ООО «АльгоБиоТех».

Исполнителем работ являлось Волгоградское отделение ГосНИОРХ.

В ходе выполнения работы решались следующие задачи:

- осуществлялись практические мероприятия по культивированию необходимого объема суспензии хлореллы для альголизации экспериментальных участков приплотинной зоны;
- проводились экспериментальные и лабораторные работы по определению степени влияния альголизанта на естественные альгоценозы;
- выполнялись необходимые мониторинговые исследования экосистемы, включая гидрологические, гидрохимические и гидробиологические характеристики;
- наблюдалось состояние альголизанта, вселяемого в Приплотинный плёс;
- изучались факторы эвтрофирования приплотинной зоны;
- определялись возбудители, характер и масштабы «цветения» воды;
- разрабатывались рекомендации по улучшению качества воды в Приплотинном плёсе водохранилища за счет минимизации развития синезеленых водорослей

Основным результатом проведенных работ явилось снижение степени «цветения» воды и улучшение экологического благополучия Приплотинного плёса.

Приплотинная зона водохранилищ оказывает существенное влияние на функционирование экосистемы. Определяющими факторами для формирования условий среды обитания водных сообществ в приплотинной зоне Цимлянского водохранилища являются:

- речной сток зарегулированной реки;
- гидрографическая сеть и приточная система;
- характер водосборной площади, степень освоения прилегающих территорий, наличие сельскохозяйственных угодий, промышленных предприятий, транспортных артерий, урбанизированных территорий и др.;
- внутрипочвенные стоки;
- характер и объемы атмосферных осадков
- подстилающие поверхности;
- степень разрушения берегов;

К внутриводоемным процессам в первую очередь относятся:

- характер и мощность заиления;
- формирование гидрохимического и гидробиологического режимов;
- «цветение» воды, как результат нарушения баланса веществ в экосистеме;
- степень зарастания водоемов высшей водной растительностью.

Планктонная флора является одним из главных продуцентов органического вещества в Цимлянском водохранилище. Её доля в составе фотосинтезирующих организмов составляет по продукции 94,5% (Калинина, 1986, 1987). Структурно-функциональные характеристики сообщества сохраняет длительное время высокие показатели, свойственные высокоэвтрофному водоему (Голоколенова, 2004).

По многолетним наблюдениям, в Приплотинном плёсе за вегетационный период образуется более 1/3 части общего объема первичной продукции, равного 13,0-17,0 млн.т. вещества в сыром весе. Уровень продуцирования до настоящего времени в этом плёсе остается довольно значительным, чему способствуют благоприятные гидрологические и гидрохимические условия.



Особенности гидрометеорологических условий 2007 г. создали благоприятную обстановку для развития фитопланктона, в частности, синезеленых. Активность в прогреве толщи воды весной и продолжительное накопление тепла в летний период, сохранение относительно высокой температуры в октябре в сочетании с длительными штилевыми периодами обусловили весьма мощное развитие фитопланктона. Количественные показатели летнего развития фитопланктона в 2 раза превышают многолетние, но в целом межгодовые флуктуации в развитии фитопланктона вполне закономерны для Цимлянского водохранилища. В этот период видовой состав фитопланктона закономерно характеризовался расширенным спектром, состоящим из 112 видов и разновидностей из отделов: Cyanoprokariota – 35, Chlorophyta – 33, Bacillariophyta – 24, Cryptophyta – 10, Chrysophyta – 4, Dinophyta – 4, Euglenophyta – 2 (табл. 1). Наблюдалось разнообразие видов водорослей – от 34 до 49. В исследуемой части водохранилища регистрировался синезелено-хлорофитовый альгоценоз. Более высоким разнообразием фитопланктона отличалось закрытое мелководье Приплотинного участка, 85 видов и разновидностей водорослей, за счет эвгленовых и зеленых (вольвоксовых). Состав водорослей в глубоководной части так же отличался широким видовым спектром – 77 таксонов рангом ниже родом.

К концу июля доминирующий комплекс фитопланктона Приплотинного плёса был представлен синезелеными (10 видов) – *Microcystis aeruginosa* Kutz. Emend. Elenk., *M. grevillei* (Hass.) Elenk., *M. flos-aquae* (Wittr.) Kirch., *Merismopedia elegans* A. Braun in Kutzling, *Aphanocapsa holsatica* (Lemm.) Cronb. et Komar., *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Breb., *A. spiroides* Kleb., *A. bergii* Ostenf., *A. variabilis* Kutz., *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anag. & Kom.

Средняя численность летнего фитопланктона составляла 71294 тыс.кл/л и формировалась на 95,4% из сине-зелёных. В левобережье напротив дамбы Ростовской АЭС отмечен минимум численности фитопланктона, 6638 тыс.кл/л с доминантом *Merismopedia elegans*. Максимум численности фиксировался в глубине Цимлянского залива – 586816 тыс.кл/л (99%) с монодоминантом *A. spiroides* Kleb. Другие группы водорослей составляли в численности ничтожную долю.

Таблица 1 - Структурно-функциональные показатели летнего фитопланктона различных экологических зон Приплотинного участка Цимлянского водохранилища в 2007 г.

Группы водорослей	Биотопы									В среднем по Приплотинному участку		
	открытое мелководье			заливы			глубоководная зона			Колич. видов	N, тыс. кл./л	B, г/м ³
	Колич. видов	N, тыс. кл./л	B, г/м ³	Колич. видов	N, тыс. кл./л	B, г/м ³	Колич. видов	N, тыс. кл./л	B, г/м ³			
Cyanophyta	27	70117	20,520	28	182640	18,565	28	52668	19,309	35	68030	19,497
Chrysophyta	2	315	0,039	3	27	0,082	1	20	0,030	4	83	0,036
Bacillariophyta	18	1295	1,347	13	270	0,320	10	401	0,486	24	577	0,652
Xanthophyta	-			-			-					0,000
Cryptophyta	8	1397	0,403	8	1800	0,851	10	1346	0,435	10	1398	0,466
Dinophyta	3	17	0,034	3	25	0,088	3	28	0,109	4	25	0,091
Euglenophyta	1	10	0,042	5	25	0,052	-			2	4	0,013
Chlorophyta	22	1695	0,502	25	1106	0,380	25	1031	0,211	33	1177	0,288
ВСЕГО	81	74845	22,886	85	185892	20,338	77	55494	20,581	112	71294	21,043

Примечание: N – численность, B – биомасса водорослей

По биотопам численность фитопланктона распределялась неравномерно, составляя примерно один порядок цифр в литорали и пелагиали, но с максимальными значениями в закрытом мелководье (185892 тыс.кл/л). Так, в Цимлянском заливе интенсивная вегетация синезеленых формировала общую численность на 97% и в абсолютных показателях была равна 586,8 млн. кл/л.

Обращает внимание слабое развитие фитопланктона в других заливах плёса, особенно в Жуковском.

Средневзвешенная биомасса фитопланктона отличалась в этом году высокими значениями $21,04 \text{ г/м}^3$ и колебалась от 2,22 до $47,38 \text{ г/м}^3$, что в целом превышает данные многолетних показателей почти вдвое. Доминировали по биомассе фитопланктона, как и в прежние годы, представители синезеленых, до 93% биомассы.

Максимальные биомассы возбудителей «цветения» формировались и в октябре в правобережной части Приплотинного плёса (Хорошевская, Калининская балки, Цимлянский залив). Волнение, под воздействием ветров восточных румбов, оттеснили массы водорослей в правобережье и здесь образовались значительные их концентрации. По результатам анализа, выполненного в нескольких повторностях, биомасса водорослей в поверхностном слое воды составила от 0,6 до $5,6 \text{ кг/м}^3$. Возбудителем осеннего «цветения» воды, как и обычно, был *Microcystis aeruginosa*. В левобережной части водохранилища в меньшей степени развивалось «цветение» воды. Так, в порту г. Волгодонска, обычно, регистрируются весьма обильные концентрации синезеленых (в 2005 и 2006 годах – до 10 кг/м^3). В 2007 г. их биомасса не превышала 75 г/м^3 . Против водозабора г. Волгодонска биомасса синезеленых в августе достигала 56 г/м^3 . Анализ результатов показывает, что в 2006 г. «цветением» была охвачена более обширная акватория Цимлянского водохранилища, вплоть до г. Калач-на-Дону. Особенно высокие концентрации были характерны для прибрежных районов, в отдельных точках до 1000 г/м^3 , а в порту г. Волгодонска до $10,0 \text{ кг/м}^3$ (рис. 1).

В 2007 г. в этот же период (в сентябре) максимальные биомассы регистрировались в основном в центральной и правобережной зоне Приплотинного плёса и в отдельных заливах, причем их показатели были в несколько сот и десятков раз меньше, от 20 до 50 г/м^3 . Левобережная и центральная акватории Потемкинское плёса в этот период также была охвачена «цветением», но его степень достигала 10 г/м^3 . Значительная площадь Чирского и весь Верхний плёс практически не подвергались обильной вегетации, и биомасса синезеленых на этих участках не превышала $1,0\text{-}5,0 \text{ г/м}^3$.

Несмотря на то, что в 2007 г. в целом «цветение» воды по мощности в сентябре была меньше, чем в этот же период 2006 г., его продолжительность и масштабы в августе и октябре были довольно значительными. По классификации О.П. Окснюк и др.(1986), степень «цветения» воды по-прежнему оценивается как «высокая» с локальными участками и зонами, характеризующимися как экологически опасные для экосистемы.

В связи с опасностью для жизни гидробионтов, сохраняющейся в Цимлянском водохранилище до настоящего времени, в том числе и в Приплотинном плёсе, была использована новая биотехнология – альголизация приплотинного участка суспензией штамма *Chlorella vulgaris* BIN. Для ее апробации были определены экспериментальные и контрольные участки. Это, в основном, заливы, а так же открытые акватории плёса (рис. 2).

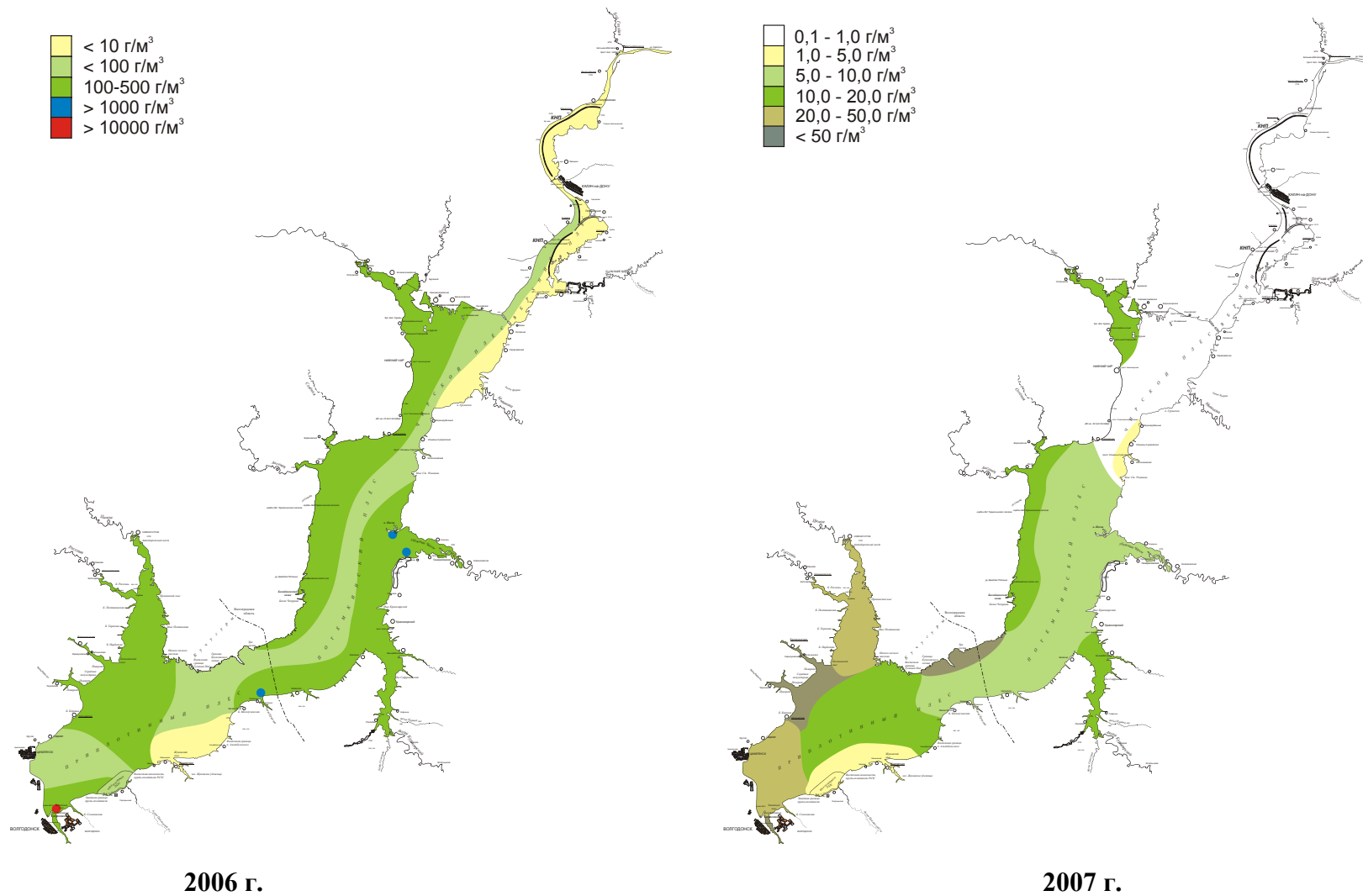


Рисунок 1 – Распределение биомассы синезелёных (г/м³) в поверхностном слое воды в разгар «цветения» в Цимлянском водохранилище, в сентябре

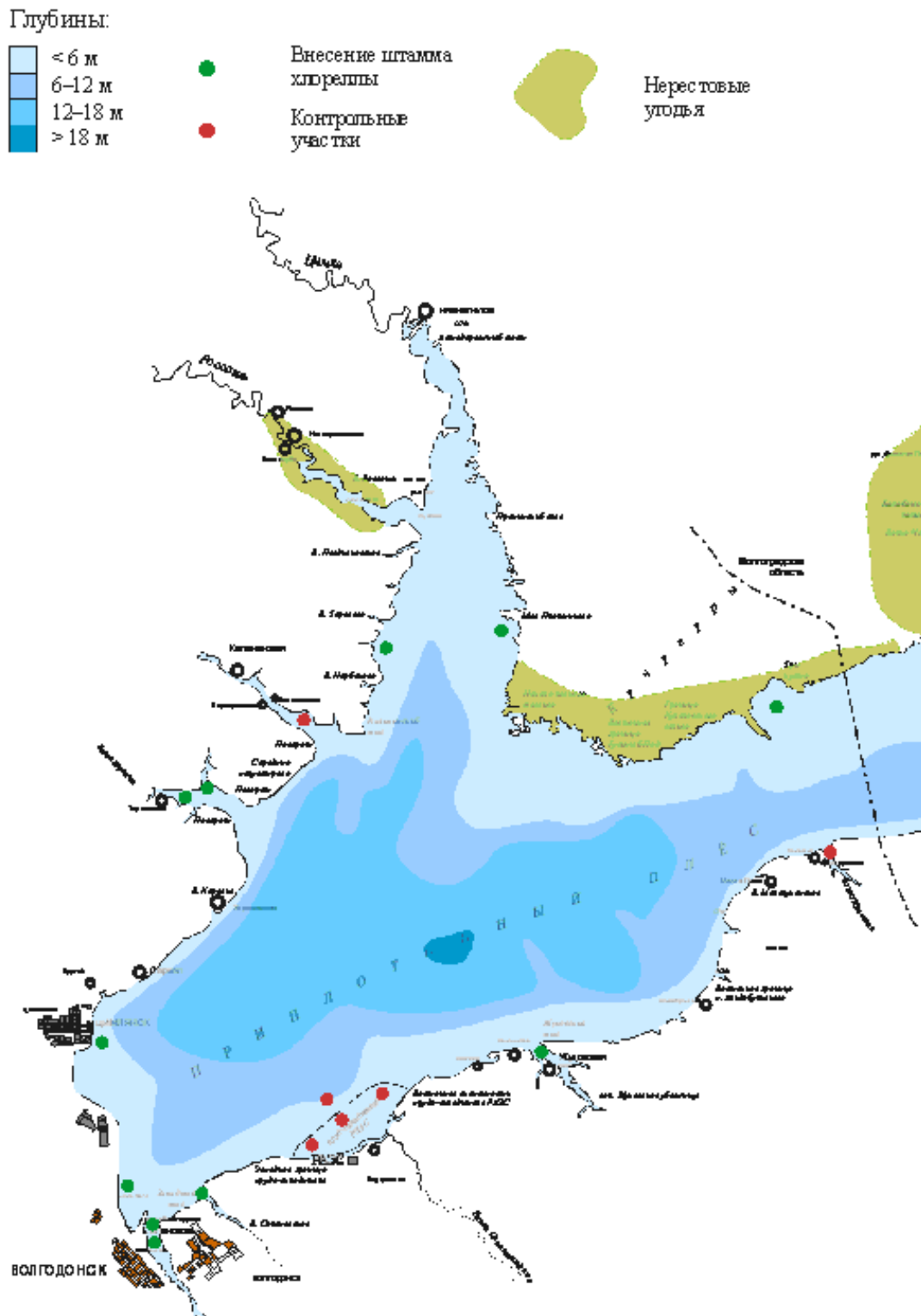


Рисунок 2 – Места проведения эксперимента по альголизации приплотинной зоны Цимлянского водохранилища в 2007 г.

Вселение *Chlorella vulgaris* осуществлялось в период с марта по ноябрь в общем объеме 12860 л суспензии с периодичностью дважды в месяц. Результаты наблюдения

показали, что вселяемый объект обнаруживался как в экспериментальных, так и в контрольных заливах эпизодически. При этом количественные характеристики её развития колебались в довольно широких пределах – от 13 до 21056 тыс. кл/л и от 0,001 до 1,369 г/м³.

Появление клеток вселенной хлореллы в контрольных заливах, в определенной степени изолированных от пунктов внесения суспензии, можно рассматривать как один из признаков ее успешной адаптации к условиям плёса.

Причиной сравнительно невысоких концентраций штамма в водоеме, кроме незначительности самого масштаба альголизации по сравнению с площадью плёса, может быть потребление хлореллы беспозвоночными и рыбами, особенно молодью, которая держится в заливах до конца лета. Кроме того, при внесении хлореллы в разгар «цветения», когда вода наиболее насыщена продуктами разложения синезеленых водорослей, в том числе и токсичными, нельзя полностью исключить возможность их ингибирующего влияния на альголизант.

Клетки хлореллы встречались в приплотинной зоне в широких температурных диапазонах – от 1°C в марте до 27°C в августе, однако четкой закономерности не установлено. Поведение и состояние вселяемой хлореллы, её приживаемость и расселение в водоеме требуют дальнейшего детального изучения.

Первичное проведение альголизации экспериментальных участков в Приплотинном плёсе показало обнадеживающие результаты. Вселение хлореллы в заливы плёса (Жуковский, Мокросолоновская, Терновская балки) заметно влияло на естественные альгоценозы. Общая биомасса фитопланктона за период биологического лета в среднем не превышала 12,8 г/м³, доля синезеленых составляла менее 50%. Систематический спектр альгоценоза характеризовался относительным разнообразием, с присутствием представителей хлорофитовых, диатомовых, криптофитовых. Степень «цветения» воды оценивалась как «умеренная» с некоторым уклоном в сторону «сильного». Подобные концентрации характеризуют исследуемые зоны как высокопродуктивные, с начинающимся биологическим загрязнением и ухудшением качества воды от «умеренно-загрязненных» до «загрязненных». По данным многолетнего биомониторинга, указанные заливы и балки в летний период всегда отличались обильным развитием синезеленых, а также подвергались нагонным явлениям. Однако, в 2007 г. эти процессы происходили менее интенсивно, чем обычно.

На открытых же акваториях (против водозабора г. Волгодонска, акватория порта г. Волгодонск, правобережная на Кривском разрезе, Цимлянский залив), которые имеют довольно свободный водообмен с основной водной массой плёса, характеристики альгоценозов были несколько иными. В среднем за период июнь-сентябрь биомасса фитопланктона на этих участках составила 44,5 г/м³, с долей синезеленых более 90%. В структуре систематических групп кроме синезеленых, более заметную роль (около 15%) играли летние формы диатомовых. Уровень «цветения» воды оценивался, как «сильный», переходящий в «гиперцветение». Это экологически опасные концентрации синезеленых, вызывающие значительное (в отдельных точках интенсивное) загрязнение водных масс, формирующие заморные условия, выделяющие токсичные вещества.

Особенно отличалось правобережье на Кривском разрезе, где нагонные концентрации синезеленых в поверхностном слое воды достигали в августе более 600 г/м³, а в октябре 5620 г/м³. В многолетнем аспекте для Цимлянского водохранилища эта акватория экологически наиболее опасна. Здесь ежегодно наблюдается локальная гибель молоди рыб, моллюсков.

В контрольных заливах и балках вегетация фитопланктона также была довольно

активна. Структурные показатели альгоценозов находились на уровне таковых в экспериментальных альголизируемых заливах (12,0-25,8 г/м³), с преимуществом синезеленых, более 70% от общей биомассы. Степень «цветения» воды оценивалась от «умеренной» до «умеренно-сильной». В этих точках наблюдалось ухудшение качества воды, связанное с разложением значительных водорослевых масс синезеленых.

В таблице 2 представлено соотношение биомасс фитопланктона и синезеленых водорослей в экспериментальных и контрольных участках Приплотинного плёса в разные периоды лета: июнь-август, август и «биологическое лето» – июнь-сентябрь.

Таблица 2 - Соотношение средних величин биомассы фитопланктона и синезеленых водорослей (г/м³) в экспериментальных и контрольных участках Приплотинного плёса Цимлянского водохранилища в 2007 г.

Период наблюдений	Экспериментальные		Контрольные	
	общая биомасса	биомасса синезеленых	общая биомасса	биомасса синезеленых
Август	28,8	20,2	25,8	18,1
Июнь-август (среднелетние)	18,6	15,4	12,2	19,6
Июнь-сентябрь (биологическое лето)	18,3	16,1	15,2	11,6

Высокие концентрации синезеленых, регистрируемые в правобережье Кривского разреза рассматривались как «артефакт» и в расчет средних величин не принимались. Во все периоды наблюдений, на экспериментальных и контрольных участках средние показатели развития планктонной флоры были высоки и даже в экспериментальных несколько выше, чем в контрольных, за счет более активных нагонных процессов на открытых акваториях. В связи со значительной разнотипностью заливов, их расположением по отношению к воздействию и направлению «розы ветров», периодичностью нагонных явлений весьма сложно получить в эксперименте сравнимый материал. Поэтому для начального этапа альголизации полученные результаты следует рассматривать как тенденции. В перспективе же следует накапливать данные, позволяющие провести статистический анализ, с привлечением многих факторов.

Таким образом, Приплотинный плёс является важной неотъемлемой частью экосистемы Цимлянского водохранилища. Сочетание геоморфологических, гидрологометеорологических факторов создают особые условия для формирования характерных внутриводоемных процессов: заиления, зарастания, обмеления и т.д. Антропогенное воздействие является достаточно мощным дополнительным фактором, участвующим в интенсификации этих процессов.

С первых лет существования Цимлянского водохранилища в нем создавались благоприятные условия для обильного развития синезеленых. Ежегодно повторяющееся «цветение» воды с мощными нагонными явлениями, разложением органического вещества, создают в летне-осенний период экологически опасные зоны с дефицитом кислорода, появлением сероводорода, преобладанием анаэробных процессов, выделением токсинов. Формирующееся качество воды в подобных условиях не может отвечать санитарно-гигиеническим требованиям, особенно, на питьевых водозаборах.

Результаты биомониторинга свидетельствуют о высокой биологической продуктивности и развитии водных организмов, характеризующих ухудшение качества воды. По гидрохимическим и гидробиологическим показателям категория качества воды оценивается как «умеренно-загрязненная» с уклоном в «загрязненную». В межлетний период локально регистрируются зоны с водами категории «грязные».

Для улучшения экологического состояния Приплотинного плёса в 2007 г. впервые была осуществлена апробация метода альголизации. Применение этой новой биотехнологии в 2000-2007 гг. на «цветущих» водохранилищах Пензенской и Волгоградской областей показало положительные результаты.

Обильное «цветение» воды в Приплотинном плёсе с биомассой синезеленых порядка 10-20 г/м³ регистрировалось на акватории плёса в течение биологического лета. Максимальные концентрации при нагонных явлениях в октябре достигали величин 1,5-5,6 кг/м³, что в два раза меньше, чем в 2006 г. Внесение альголизанта – штамма зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris* – с марта по ноябрь в экспериментальные участки показало обнадеживающие результаты. В альголизируемых заливах степень «цветения» оценивалась как «умеренная» против «сильной» и «гиперцветения» в контрольных. Эффективность воздействия альголизанта в летний период на обширных экспериментальных акваториях приплотинной зоны проявилась слабо, и результаты первого этапа альголизации следует рассматривать как тенденции.

В эксперименте по выявлению степени воздействия вносимой хлореллы в условиях изолированной среды эффект проявился более четко. В «жестких» условиях интенсивного «цветения» воды синезелеными установлен факт резкого снижения численности возбудителей «цветения» при внесении различных концентраций хлореллы.

В целом, интенсивность «цветения» воды, вызванная обильным развитием синезеленых, остается актуальной проблемой для высокоэвтрофного водоема, каким является Цимлянское водохранилище. Осуществить за короткое время перестройку альгоценозов и удержать их в необходимом спектре, соответствующем улучшению качества воды, за один год невозможно. Вместе с тем первые результаты выполненных работ по альголизации водоема в естественных условиях следует оценить, как положительные.

Первый положительный опыт апробации биотехнологии предотвращения интенсивного «цветения» воды в Цимлянском водохранилище методом альголизации с использованием штамма *Chlorella vulgaris* показал, что для получения устойчивых практических и однозначных научных результатов необходимо:

1. В ближайшие годы продолжить работы по альголизации плёса в более широких масштабах: по всей протяженности закрытой и открытой прибрежной зоны, подверженной «цветению» воды.

2. Для предотвращения появления интенсивного «цветения» воды из «собственных» биофондов, внесение альголизанта необходимо обязательно начинать в зимний, подледный (февраль) и ранне-весенний (март-апрель) период, как наиболее эффективный способ подавления синезеленых, зимующих в форме покоящихся спор и колоний.

3. Предварительно рекомендуемый режим внесения хлореллы – ежемесячный с частотой 1-2 раза в месяц, при интенсивности альголизации в течение года – не менее 2-5 литров суспензии штамма на 1 га водной площади локального участка при плотности самой суспензии не менее 20 млн.кл/л.

4. При проведении альголизации необходимо продолжить мониторинговые

наблюдения за индикаторными показателями состояния экосистемы плёса (характеристики физико-химического режима, состояние водных сообществ) на участках, подверженных альголизации, и контрольных, а также по всей его акватории.

5. Для более эффективной борьбы с развитием синезеленых водорослей целесообразно применение комплекса биомелиоративных методов, предполагающего комбинированное использование альголизации с зарыблением рассматриваемого участка водохранилища растительноядными рыбами. Оптимальные объемы зарыбления должны быть определены с учетом естественной приемной емкости участка водоема и прогнозируемых результатов альголизации.

6. Проведение в полном объеме всего комплекса оздоравливающих мероприятий, рассчитанное на ряд последующих лет, позволит значительно улучшить качество воды и самоочищающую способность водоемов, создать необходимые предпосылки для их устойчивого экологического благополучия.

Литература

1. Богданов Н. И. 2004. «Цветение» водоемов синезелеными водорослями и меры по предотвращению // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. «Экологические проблемы загрязнения водоемов Волжского бассейна, современные методы и пути их решения», Волгоград.

2. Богданов Н.И. Биологические аспекты борьбы с «цветением» воды синезелеными водорослями в Пензенском водохранилище. // Водохозяйственный комплекс России: состояние, проблемы, перспективы. Сб. мат. научн.–практ. конф. Пенза, 2003. – с. 23 – 24.

3. Богданов Н.И. Биологические аспекты улучшения качества воды Пензенского водохранилища // Химическое загрязнение среды и проблемы экологической реабилитации нарушенных экосистем. Сб. мат. научн. – практ. конф. Пенза, 2003. – с. 22 – 23.

4. Голоколенова Н.И. 2004. «Цветение» водоемов синезелеными водорослями и меры по предотвращению. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. «Экологические проблемы загрязнения водоемов Волжского бассейна, современные методы и пути их решения», Волгоград.

5. Калинина С.Г. 1987. Структурные и продукционные характеристики фитопланктона Цимлянского водохранилища. // Сборник научных трудов ГосНИОРХ, вып. 265, с. 54-62.

6. Калинина С.Г., Гламазда В.В., Катрецкий Ю.А. Сестон в Цимлянском водохранилище и его резерв для вселения белого толстолобика. // Тез. доклада, Днепропетровск, 1986.

Яковлев Сергей Валентинович – заместитель директора, Волгоградское отделение Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. E-mail: jack_sv@mail.ru

Ходяков Евгений Алексеевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе Волгоградского отделения Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ФГНУ Гос НИОРХ). E-mail: jack_sv@vistcom.ru

Калинина Светлана Геннадиевна – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией Волгоградского отделения Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ФГНУ Гос НИОРХ).



Yakovlev Sergey V. – deputy director, Volgograd branch of the State Scientific-Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKH). E-mail: jack_sv@mail.ru

Hodyakov Evgeny A. – the doctor of agricultural sciences, the professor, the deputy director on scientific work of the Volgograd branch of the State Scientific-Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKH).

Kalinina Svetlana G. – candidate of Biology, managing laboratory of water ecology of the Volgograd Division State Institute for Lake and River Fisheries (FGNU GOSNIORKH). E-mail: chere-lu@yandex.ru

УДК 621.039

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ РАЙОНА РОСТОВСКОЙ АЭС

Е.А. Бураева

<i>НИИ Физики при Ростовском Государственном Университете</i>	<i>Physics scientific research institute at the Rostov State University</i>
-------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

Представлены результаты детального анализа кернов донных отложений, отобранных в 1999-2001 гг. в период предпускового мониторинга и вновь полученные результаты для водных экосистем тридцатикилометровой зоны Ростовской АЭС.

Ключевые слова: радиоэкологический мониторинг, донные отложения, радионуклиды, приплотинный участок Цимлянского водохранилища.

The results of a detailed analysis of sediment cores sampled in 1999 and 2001. during pre-launch monitoring and newly obtained results for the thirty-kilometer zone of aquatic ecosystems of the Rostov nuclear power plant.

Keywords: radio-ecological monitoring, sediments, radionuclides, the dam site Tsimlyansk reservoir.

Около половины площади 30 км зоны Ростовская АЭС (ВД АЭС) занимает акватория Приплотинного участка (ППУ) Цимлянского водохранилища (площадь ~1130 км²), часть которой, ограниченная дамбой, образует водоем-охладитель (площадь ~18 км²) (ВО). Объектами радиоэкологического мониторинга этой водной экосистемы являются вода, донные отложения и водные растения.

В настоящей работе излагаются результаты повторного, более детального анализа кернов донных отложений, отобранных в 1999-2001 гг. в период предпускового мониторинга [1] и приводятся вновь полученные результаты для водных экосистем 30 км зоны ВД АЭС.

Вода

Результаты определения основных радиоэкологических свойств воды ППУ и ВО приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав воды ППУ и ВО

Содержание \ Водоем	ВО	ППУ
Минерализация, г/л	0,72÷0,76, ср. 0,74	ср. 0,60
Σ_{β} , Бк/л	ср. 0,37	ср. 0,17
²²⁶ Ra, Бк/л	<0,005÷0,070, ср. 0,025	ср. 0,051
²²² Rn, Бк/л	0,23-0,80, ср. 0,43	ср. 0,53
²²² Rn/ ²²⁶ Ra	7÷610, ср. 132	4÷55, ср. 19

В значительной мере большее отношение ²²²Rn/²²⁶Ra объясняется значительно меньшей ролью течений в ВО, способствующих эксгаляции радона с водной



поверхности и существенным влиянием роста и развития водной растительности, способствующей росту содержания радона в воде. Последний эффект подтверждается сезонной зависимостью содержания ^{222}Rn в воде: за максимумом содержания в середине июня (в ППУ) или середине июля (ВО) следует постепенное падение к октябрю. Совершенно подобная зависимость для ВО имеет место и для содержания ^{210}Pb (продукт распада ^{222}Rn).

Для оценки коэффициентов перехода ЕРН и глобальных ИРН из воды в водную растительность в условиях водохранилища и ВО в 2004 г. выполнены радионуклидные анализы воды (Бк/л) и водной растительности (Бк/кг зола) (табл. 2).

Таблица 2 – Радионуклидный анализ воды (Бк/л) и водной растительности (Бк/кг зола)

Место		^{238}U	^{226}Ra	^{210}Pb	^{232}Th
1	2	3	4	5	6
Вода	Во	0,039±0,009	0,040±0,004	0,253±0,026	0,019±0,009
	Вхр	0,042±0,004	0,043±0,004	0,285±0,028	0,025±0,003
Раст	Во	124±7	74±2	253±13	89±13
	Вхр.	138±11	82±7	476±38	62±3

Продолжение таблицы 2

Место		^{40}K	7Be	^{137}Cs	^{241}Am
1	2	7	8	9	10
Вода	Во	0,031±0,0035	-	<0,008	0.5±0,4
	Вхр	0,033±0,003	-	4,9±0,5	-
Раст	Во	1048±27	120±5	7,6±0,5	10,3±0,9
	Вхр.	760±80	131±11	-	-

Относительно высокое содержание 7Be в водной растительности связано как с весенне-летним сезонным максимумом его содержания в атмосферных аэрозолях, так и моментом отбора проб после периода интенсивных атмосферных осадков летом 2004 г., вымывающих 7Be из атмосферы.

K_n различных радионуклидов относится как ^{210}Pb : ^{226}Ra : ^{238}U : ^{232}Th : $^{40}K=1,0$: 1,8 : 3,2 : 4,4 : 34,0 для ВО и как ^{210}Pb : ^{226}Ra : ^{40}K : ^{238}U : $^{232}Th=1,0$: 1,8 : 2,9 : 6,4 : 35 для ППУ. Совпадение K_n имеет место только для ^{210}Pb и ^{226}Ra .

Причина различия K_n в ВО и ППУ, видимо, связана с различием солевого состава воды, видов растительности и времени отбора проб.

Для ИРН K_n могут быть получены только оценочные: K_n (^{137}Cs) в ВО $>0,95 \cdot 10^3$ и K_n (^{241}Am) ~ 20 для ВО (в единицах $\frac{Бк/кг}{Бк/л}$ зола). Если использовать данные радиохимического анализа Радиевого института им. В.Г. Хлопина (содержание ^{137}Cs в вхр. и ВО в воде $2 \cdot 10^{-4}$ Бк/л и $7 \cdot 10^{-4}$ Бк/л, а растительности соответственно 2,9 Бк/кг всм и 2,4 Бк/кг всм), то K_n (^{137}Cs) для водохранилища $1,2 \cdot 10^4$ (рдест), а для ВО $3,4 \cdot 10^3$ (роголист) (в единицах $\frac{Бк/кг.всм}{Бк/л}$).

Данные по содержанию $^{239,240}Pu$ в растениях ВО (РИ им. В.Г. Хлопина) варьируют в пределах 0,1-0,14 Бк/кг всм (август 1999г.) для мятлика, урути, рдеста, нитчатых водорослей и хордовых водорослей, что не противоречит нашим данным для растительности ВО.

Донные отложения

Содержание ^{137}Cs в донных отложениях ВО определялось по кернам, отобраным

в 2000 г. (Т-1, Т-2, Т-3) и в 2001 г. (ВОХНС, ВОХСБК).

Запасы ^{137}Cs в кернах Т (2000 г.) приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Запасы ^{137}Cs в кернах Т (2000 г.)

T	h , см	P_{Σ} , Бк/м ²	P_{max} , Бк/м ²
1	11	41,0	11,9 (7-9)
2	13 см $n=8$	178,0	53,9 (7-9)
3	2 см $n=9$	<ПО	-

Керны Т-1 и Т-2 отобраны в устье сбросного канала.

Запасы ^{137}Cs в кернах ВОХ (2001г.) приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Запасы ^{137}Cs в кернах ВОХ (2001г.)

	H , м	h , см	n	P_{Σ} , Бк/м ²	P_{0-15} , Бк/м ²	P_{15-30} , Бк/м ²	P_{max} , Бк/м ²
ВОХ НС	5 м	38 см	7	13510	2520	10990	3910 (15-20)
ВОХ СБК	3 м	32 см	6	3000	500	2500	1700 (25-30)

Керны отобраны вблизи насосной станции и в устье сбросного канала. По всем 5 кернам можно оценить средний по ВО запас ^{137}Cs $P_{\Sigma}=3726\text{Бк/м}^2$ или $\sim 0,01$ Ки/км². Тогда полный по ВО запас ^{137}Cs оценивается в 0,18 Ки.

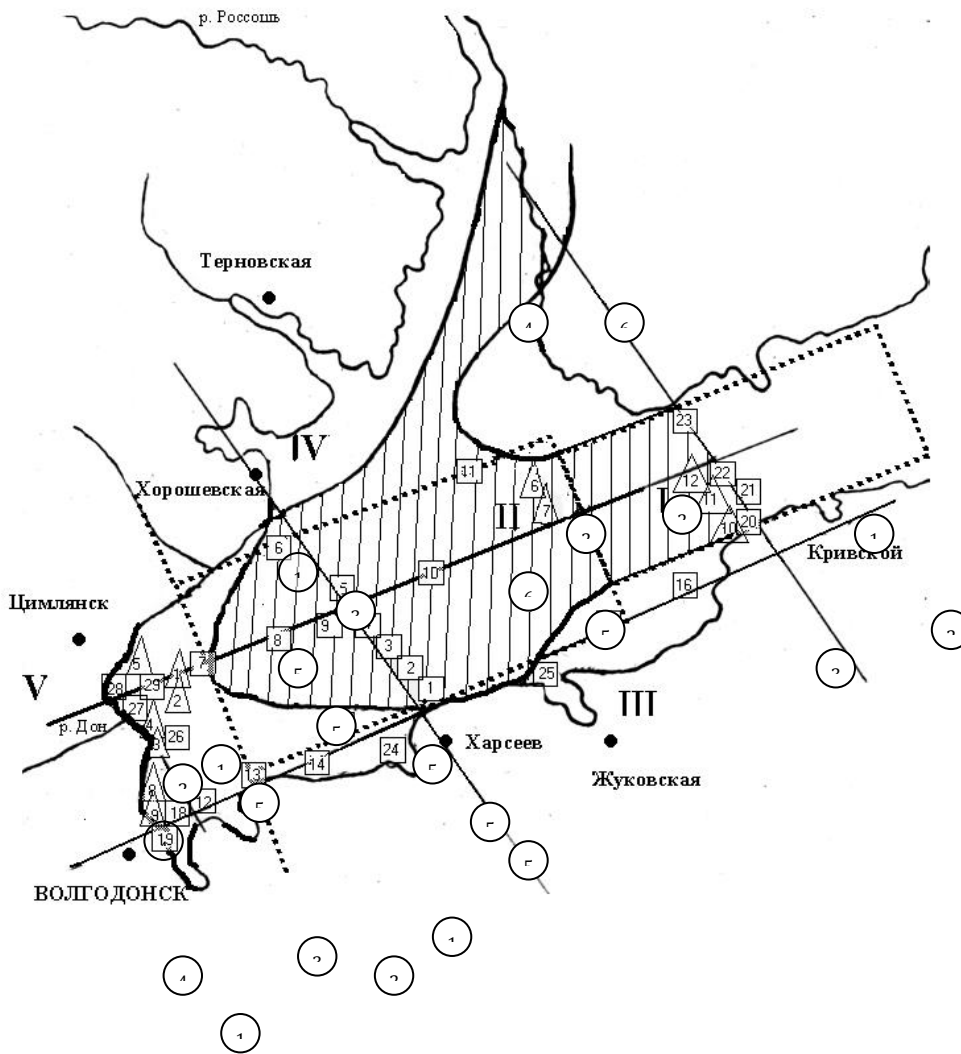
Для интерпретации результатов определения профилей ^{137}Cs в кернах донных отложений, отобранных в акватории ППУ Цимлянского водохранилища, эту акваторию разделили на зоны (рис. 1).

Для определения динамики изменений загрязнения донных отложений ППУ Цимлянского водохранилища воспользуемся результатами первого определения плотности загрязнения дна в слое 0-15 см Цимлянского водохранилища в экспедиции 1990 года [2] и результатами определения профиля распределения ^{137}Cs по глубине кернов, отобранных в экспедиции 2000 и 2001 гг. (схема отбора кернов и распределение по зонам акватории на рисунке 1). Плотности загрязнения ^{137}Cs пересчитаны на общую активность каждой из этих зон ППУ с учетом их площадей (см. табл. 5).

Таблица 5 – Данные о загрязнении ^{137}Cs для ППУ 1990 г. и 2000 г.

Зона	1990 г.		2000-2001 гг.			
	A_{15} , Ки изм. 1990	A_{15} , Ки изм. 2000г	A_{Σ} , Ки	A_{15} , Ки	A_{1990}/A_{2000}	A_{15}/A_{Σ} , 2000г
I	13.3	10.8	21.0	7.0	1.54	0.33
II	134.7	109.1	52.0	28.0	3.83	0.54
III	5.8	4.3	25.0	7.0	0.61	0.28
IV*	22.4	18.1	39.1	14.5	1.25	0.37
V	10.9	8.8	19.0	6.0	1.47	0.31
Σ	176.2	142.2	117.0 с учетом IV $\sim 156,1$	48,0 $\sim 62,5$	2,96 $\sim 2,28$	0,41 $\sim 0,40$

*) Запас ^{137}Cs в зоне IV в 2000 году не измерялся. Приведены оценки исходя из данных 1990 года [2] с учетом коэффициента изменения активности за 10 лет для III зоны.



2000 г в □:

2001 г в Δ:

1	XX-1	9	ЦД-30	17	АВ-6	25	СЕС-2	1	СЦ-4-1	7	С
2	XX-2	0	ЦД-40	18	ВЗБ10	26	ВЦ10	2	СЦ-4-2	8	Ц8
3	XX-3	1	ЦД-80	19	ВЗБ20	27	ВЦ20	3	СЦ1	9	В
4	XX-4	2	АВ-1	20	МЛД-10	28	ВЦ30	4	СЦ2	10	ЗБ-1
5	XX-5	3	АВ-2	21	МЛД-20	29	ВЦ40	5	СЦ3	11	В
6	XX-7	4	АВ-3	22	МЛД-30			6	СЦ9	12	ЗБ-2
7	ЦД-10	5	АВ-4	23	МЛД-40						М
8	ЦД-20	6	АВ-5	24	СЕС-1						Л2
											М
											Л3
											М
											Л4

Рисунок 1 – Карта ППУ

По современным данным на дне всей акватории ППУ ($S=1132\text{км}^2$) полная активность ^{137}Cs оценивается в 156,1 Ки (без учета IV зоны – 117,0 Ки), из этой активности в 15 см слое отложений содержится 62,5 Ки (без учета IV зоны – 48,0 Ки). За 10 лет активность в 15 см слое уменьшилась в 2,3-3,0 раза (без учета распада ^{137}Cs за 10 лет в 2,8-3,7 раз).

Это уменьшение обусловлено:

- 1) снижением поступления ^{137}Cs с твердым стоком через входной гидроствор (в ~ 1,54 раза) при несколько меньшем выносом через выходной гидроствор (в 1,47 раз);
- 2) влиянием абразии берегов с последующим сносом материала ветровым течением от берегов в глубоководную часть ППУ.

Этот второй, основной, фактор как показывает незначительное изменение содержания ^{137}Cs в прибрежной III зоне, обуславливает захоронение наиболее активных слоев донных отложений в центральной зоне менее активным абразивным материалом.

В результате этих двух процессов имеет место резкое (в 3,8 раза) снижение активности в центральной зоне в 15 см слое. Если учесть соотношение активности в слое 0-15 см и активности по всей глубине донных отложений ($A_{<15}/A_{\Sigma 15}=0,33$), то эффект захоронения будет очевиден. Среднее по акватории ППУ загрязнение ^{137}Cs по данным 1990 г. равно $0,155\text{ Ки/км}^2$ и должны были быть в 2000 году равными $0,125\text{ Ки/км}^2$ с учетом радиоактивного распада. На самом деле плотность загрязнения снизилась до $0,042\text{ Ки/км}^2$ (или с учетом поправки на IV зону – $0,052\text{ Ки/км}^2$). Если учитывать активность ^{137}Cs по всей глубине осадков, то плотность загрязнения ^{137}Cs по всему ППУ будет $0,104\text{ Ки/км}^2$ (а с учетом поправки на IV зону – $0,138\text{ Ки/км}^2$).

На данные 1990 г. может повлиять тот факт, что при заборе проб с глубины 0-15 см в ряде точек реальный слой загрязнения отложений был существенно меньше. Действительно, в кернах 2000-2001 гг. в зоне I из 7 кернов в 2-х $h<15\text{ см}$; в зоне II из 11-ти – в 4-х; в III зоне из 4-х – в 2-х; в V зоне из 9-ти – в одном керне $h<15\text{ см}$. Кроме того, в экспедиции 2000 года в зоне IV (северная прибрежная) керны не отбирались.

Значительная часть загрязнения ^{137}Cs в 2000 г. сосредоточилась в глубинных слоях ($h>15\text{ см}$): 72% и 46% в зоне III (прибрежная южная) и II (центральная); 65% и 67% в I и V зонах входного и выходного гидроствора. В целом по акватории ППУ это доля ~60%. Более детально анализ загрязнения ^{137}Cs по глубине осадков можно сделать при рассмотрении профилей распределения ^{137}Cs по глубине керна. Почти во всех кернах достаточно четко проявился максимум, соответствующий максимуму чернобыльских выпадений (1986 г.), а в ряде глубоководных кернов проявлялся второй максимум, обусловленный глобальными выпадениями при ядерных взрывах в атмосфере (1963 г.).

Отношение запасов ^{137}Cs (активностей) в этих максимумах (A_2/A_1) для кернов приведены в таблице 6 по зонам. Эти отношения значительно отличаются как от керна к керну в каждой зоне, так и от зоны к зоне. В таблице 7 приведены данные, усредненные по зонам. Так, в зоне I A_2/A_1 изменяется от 0,20 до 3,6, в зоне II – от 0,50 до 1,25 (в глубоководной части ППУ), в зоне V $A_2/A_1 = 0,17-0,26$ (керны отобраны с глубины $H=8\text{ м}$). Наибольшие средние значения A_2/A_1 – для зоны I (1,67), зоны II (1,85) и III (0,7), а наименьшие – для зоны V (0,22).

В некоторой степени это соответствует отношению активностей в слоях $<15\text{ см}$ и $>15\text{ см}$ (исключение составляет зона V).

Преобладание ^{137}Cs глобального происхождения имеет место, как правило, в глубоководных кернах, отобранных в местах, соответствующих старому руслу р. Дон (или близким к нему местам): МЛ-40 ($A_2/A_1=1,2$); МЛ-30 ($A_2/A_1=3,6$) в зоне I; ЦД-40 ($A_2/A_1=1,25$); ХХ-1 ($A_2/A_1=1,40$) во II зоне.



В этих местах с твердым стоком загрязнение ¹³⁷Cs глобального происхождения наиболее интенсивно аккумулируется в осадочном материале.

Влияние этого эффекта резко снижается в прибрежной зоне и зоне выходного гидроствора за счет значительного разбавления менее активным материалом.

Оценивая в целом динамику загрязнения дна ППУ ¹³⁷Cs по материалам сравнения данных 1990 и 2000-2001 гг. по слоям 0-15 см можно получить оценку темпов снижения загрязнения в целом по ППУ на (~ 9,6 Ки/год) (с поправкой на IV зону ~ 8,0 Ки/год).

Основным составляющим этого снижения является эффект захоронения активных осадков во II центральной зоне абразивным материалом (с темпом ~ 8,0 Ки/год) при близких по величине темпах снижения поступления и выноса ¹³⁷Cs соответственно через входной и выходной гидроствор 0,38 Ки/год и 0,28 Ки/год.

Для детального анализа в таблице 6 и таблице 7 приведены балансы активности ¹³⁷Cs по зонам и баланс осадочного материала в ППУ. В таблице 6 приведена активность ¹³⁷Cs, суммированная по запасам A_{Σ} , чернобыльского A_{li} и глобального A_{2i} происхождения, их относительные вклады в суммарные активности $\frac{A_{li}}{A_{1\Sigma}}$ и $\frac{A_{2i}}{A_{2\Sigma}}$ на момент измерения 2000-2001 гг, приведены к моментам, соответствующим началу выпадений (1986 г. и 1963 г.).

При сравнении таблиц 6 и 7 надо учитывать, что поступлениям в ППУ осадочного материала нельзя сопоставить запасы ¹³⁷Cs по зонам ППУ:

1) к первым относятся поступления в ППУ в целом, а ко вторым – распределения ¹³⁷Cs по отдельным его зонам;

2) количество осадочного материала и запаса ¹³⁷Cs не эквивалентны – в различных зонах удельные активности ¹³⁷Cs могут быть существенно различными.

Так, например, при большой массе осадочного материала от абразии берегов удельные активности ¹³⁷Cs в нем во много раз меньше, чем в материале, поступающем через входной гидроствор.

Таблица 6 Динамика изменений запасов ¹³⁷Cs (суммарных, чернобыльских и глобальных) в донных отложениях ППУ Цимлянского водохранилища

Зона	1963 год		1986 год		2000-2001 гг.					
	A_{2i} , Ки	$\frac{A_{2i}}{A_{2\Sigma}}$, %	A_{li} , Ки	$\frac{A_{li}}{A_{1\Sigma}}$, %	A_{Σ} , Ки	$\frac{A_{\Sigma i}}{A_{\Sigma}}$, %	A_{li} , Ки	$\frac{A_{li}}{A_{1\Sigma}}$, %	A_{2i} , Ки	$\frac{A_{2i}}{A_{2\Sigma}}$, %
I	26,8	19,3	10,2	10,1	19,5	13,1	7,1	9,6	12,3	16,5
II	67,6	48,8	32,4	32,2	52,1	35,0	22,7	30,3	29,4	39,4
III	20,9	19,4	17,4	17,3	24,5	16,5	12,2	16,3	12,3	16,5
IV*	9,4	6,8	18,3	18,2	33,8	22,7	16,8	22,5	17,0	22,8
V	7,9	5,7	22,6	22,5	19,0	12,7	15,9	21,2	3,7	5,0
Σ	138,6		100,6		148,9		74,8		74,7	

*) Примечание: для зоны IV приведены оценки, исходя из баланса осадочного материала в ППУ (см. ниже).

Таблица 6 Баланс осадочного материала в ППУ Цимлянского водохранилища по данным определений 1985-1990 г. (I) и данные модельных оценок для 2000 г. (II) в%

Поступления	I	II
	1986 г.	2000 г.
- из соседнего резервуара	15,4	16,9
- боковых притоков	2,75	5,15
- от абразии берегов	80,5	75,5
южного	40,3	37,7
северного	40,3	37,8
- от эоловых выпадений	1,3	2,4
Общий баланс	100	100
- аккумуляция	95,9	91,2
- вынос в смежный резервуар	4,1	8,8

На моменты выпадений 1963 г. и 1986 г. в загрязнении ППУ ^{137}Cs преобладали глобальные выпадения (в $\sim 1,4$ раза). К 1986 г. и в последующие годы глобальные и чернобыльские выпадения давали одинаковый вклад ($\sim 74,7$ Ки ^{137}Cs на дне в ППУ).

Наибольшая доля загрязнения ^{137}Cs ППУ концентрируется в III центральной зоне (до 35% в настоящее время). Входной гидроствор и прибрежная южная зона дают до $\sim 15\%$ доли загрязнений каждая. Еще меньшая часть загрязненности обусловлена зоной выходного гидроствора. Доли загрязненности зон со временем несколько меняются. По зонам I-III они падают со временем, а по зоне IV – возрастают.

Распределения долей загрязненности ^{137}Cs зон относительно загрязнения всего ППУ на моменты выпадений (A_2 глобальных и A_1 чернобыльских) и в настоящее время таковы: в зонах I и II во всех случаях преобладают глобальные выпадения (в I зоне входного гидроствора $\sim 1,7$ и $1,9$ раз (в 2000 г. и в период выпадений соответственно); во II центральной зоне в $1,3$ и $1,5$ раз (в 2000 г. и период выпадений)). В прибрежных зонах соотношения долей загрязнения практически одинаково, но в V зоне выходного гидроствора преобладают чернобыльские выпадения – их доли почти в 4 раза выше, чем доли глобальных выпадений.

Таким образом, в зонах I и II с преобладанием процессов поступления ^{137}Cs со стоковым течением (во II зоне с уменьшением его роли из-за влияния абразии берегов) доли глобальной компоненты загрязнения выше доли чернобыльской компоненты во все время вплоть до настоящего времени. В прибрежной зоне при снижении роли стоковых течений и возрастанием роли абразии берегов и ветрового течения соотношение глобальных и чернобыльских загрязнений становится близким к единице. И, наконец, доли чернобыльского загрязнения по сравнению с глобальными, существенно возрастают в V зоне выходного гидроствора (\sim в 4 раза). Вероятной причиной такого распределения долей глобального и чернобыльского загрязнений по зонам является то, что первые по времени поступления глобального загрязнения занимали самые глубоководные зоны ППУ и относительно мало выносились через выходной гидроствор. Со временем, по мере заполнения глубоководных зон осадочными материалами роль процессов выноса ^{137}Cs возросла (подтверждается данными по балансу масс (см. таблицу 7)), и это соответствовало времени, когда в верхних слоях отложений стал преобладать ^{137}Cs чернобыльского происхождения.

В период с 1963 г. загрязнение ^{137}Cs определялось глобальными выпадениями.

Большая часть загрязнений сосредоточена во II центральной зоне (~49%), в которую ¹³⁷Cs поступал как с твердых стоков через входной гидроствор (~19%), так и от прибрежной III зоны за счет сноса с ветровым течением (~19%) или с учетом оценки для IV зоны еще ~7%. Для этого периода относительный уровень загрязнения V зоны выходного гидроствора был низким ~6%.

В период с 1986 г. загрязнение ¹³⁷Cs чернобыльского происхождения также было наибольшим во II центральной зоне (~32%). Поступления в эту зону в большей степени определялись поступлениями из прибрежных зон, а относительное загрязнение выходного гидроствора возросла до ~ 23%. Поступления с твердым стоком меньше, чем в более ранний период за счет меньшей интенсивности чернобыльских выпадений по сравнению с глобальными. Рост доли загрязнения в V зоне, вероятно, связан с ростом темпов сноса русловым истоком при снижении со временем темпов абразии берегов.

Темпы поступления ¹³⁷Cs и осадочного материала через входной гидроствор 1986-2000 гг сравнимы (10-13% и 15-19% соответственно) и в равной степени возросли ~ в 1,5 раза с 1986 г. по 2000 г. Это связано с некоторым снижением роли абразии берегов в этот период формирования осадков.

Однако, степень влияния абразии берегов на загрязнение ¹³⁷Cs (~40%) составляет только 1/2 доли от ее в балансе массы осадков (~80%). Это следствие того, что абразивный материал берегов существенно меньше загрязнен ¹³⁷Cs, чем твердый сток в русловом течении.

В 2000-2001 гг. доли ¹³⁷Cs глобального и чернобыльского происхождения в загрязнении дна ППУ для различных зон разные. Доля глобального загрязнения заметно выше чернобыльских загрязнений ¹³⁷Cs для входного гидроствора (почти в 2 раза) и для центральной зоны (~ в 1,3 раза), равны для прибрежных зон и заметно ниже для входного гидроствора (почти в 4 раза).

Для определения возраста донных отложений ВО использовались два способа – по профилю «избыточного» ²¹⁰Pb и по профилю ¹³⁷Cs. С 1985 года и вплоть до момента отбора кернов в 2001 г. ВО можно рассматривать, как непроточный. По модели непроточного водоема обработаны результаты определения профиля распределения ЕРН (²²⁶Ra, ²¹⁰Pb) и ¹³⁷Cs в керне ВОХНС, отобранного в ВО в сентябре 2001 г. (рис. 2). Поскольку, при различных глубинах керна *x*, скорость осадконакопления *S_i* варьирует из-за погрешности определения ²¹⁰Pb и ²²⁶Ra, то для датировки использовали *S_{ср.}* Максимум содержания ¹³⁷Cs в керне датируется по ²¹⁰Pb – 1986±2 года. Погрешность определения возраста определяется толщиной слоя осадков.

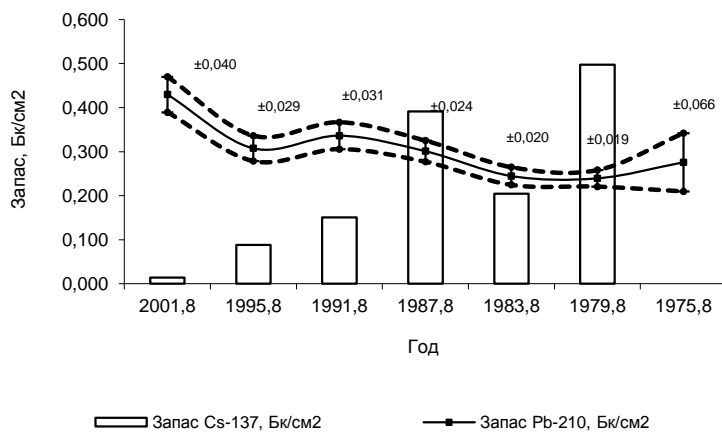


Рисунок 2 – Запас ²¹⁰Pb и ¹³⁷Cs в т. ВОХНС

Для керна ВОХНС получаем согласие шкал датирования по ^{210}Pb и ^{137}Cs в пределах погрешности измерения: по профилю ^{210}Pb получили $\bar{S}=1,250\pm 0,250$ см/год и по профилю ^{137}Cs $1,220\pm 0,170$ см/год. Кроме максимума запаса ^{137}Cs в 1986 г. (авария ЧАЭС), имеется максимум в 1980 г. (испытание ядерного заряда в атмосфере, КНР).

Известно, что при ядерных взрывах и аварии ЧАЭС в окружающую среду поступило значительное количество изотопов плутония. Плутоний является одним из наиболее радиотоксичных элементов, обладающим большим временем жизни основных изотопов ($^{239,240}\text{Pu}$) и длительным пребыванием в биосистемах.

По радиохимической методике в Радиевом институте им. В.Г. Хлопина, показано, что удельная активность $^{239,240}\text{Pu}$ от ядерных испытаний и аварии ЧАЭС в донных отложениях ВО и в кернах из мелководной прибрежной зоны составляют 0,07-0,41 Бк/кг. Такие низкие значения объясняются тем, что донные осадки были частично перемешаны при проведении земляных работ.

Совершенно иная картина наблюдается в кернах донных отложений, отобранного в центральной части Цимлянского водохранилища (ЦД80). Удельная активность $^{239,240}\text{Pu}$ постепенно возрастала по ходу вертикального профиля керна: 0,3 Бк/кг (слой 0-5 см), 0,7 Бк/кг (30-35 см), 1,4 Бк/кг (слой 35-40 см) и достигла максимального значения удельной активности в слое 40-45 см – 2,85 Бк/кг.

По результатам масс-спектрометрического анализа объединенной пробы ЦД80 изотопное соотношение $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ составляет $0,17\pm 0,01$, что близко к величине $0,176\pm 0,014$ для приводимых в литературных данных глобальных выпадений северного полушария. Можно считать, что наблюдаемый плутоний в донных отложениях Цимлянского водохранилища связан с глобальными выпадениями, обусловленными испытанием ядерного оружия в атмосфере (в основном в период 1962-1963 гг.).

В 3 кернах АВ-6, ХХ-7, ЦД-40, отобранных в пределах (у самого края), или в центре “цезиевого пятна” загрязнения дна ППУ в отдельных слоях определен ^{241}Am (табл. 8).

Таблица 8 – Содержание ^{241}Am в кернах донных отложений

Шифр пробы	Суммарный запас, 10^{-3} Бк/см ²	$R_{\text{чен}}$, 10^{-3} Бк/см ²	$R_{\text{глоб}}$, 10^{-3} Бк/см ²
АВ6	8,0	6,1	-
ХХ7	29,5	-	14,1
ЦД40	68,5	13,2	23,6

^{241}Am является долгоживущим ($T_{1/2}=432,2$ г.) продуктом распада одного из изотопов плутония ^{241}Pu (радиохимическим методом с использованием α -спектрометрии не определялся).

Известно, что отношение $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}\approx 0,004$ для глобальных выпадений и до 0,07-0,09 для чернобыльских и, следовательно, и отношение $^{241}\text{Am}/^{239}\text{Pu}$ близко к этому отношению $^{241}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$. В таблице 8 приведены запасы ^{241}Am с разделением на глобальные и чернобыльские с учетом датировки слоев кернов по ^{137}Cs . Определенные запасы ^{241}Am на таком низком уровне (близком к пределам определения методики) не позволяют построить профили распределения этого радионуклида. Известны данные по содержанию ^{241}Am в объектах наземных экосистем (в том числе и полученные нами).



Литература

1. Радиационная обстановка в окружающей среде региона Ростовской АЭС в предпусковой период. Отчет. Ростов-на-Дону. 2000, 129 с
2. Бессонов О.А., Давыдов М.Г., Марескин С.А., Малаева Т.Ю., Страдомская Е.А. Содержание радионуклидов в донных отложениях Цимлянского водохранилища // Атомная энергия, 1994, Т. 77, В. 1, С. 48-51

Бураева Елена Анатольевна – кандидат химических наук, заведующая Отдельной лабораторией ядерной физики, Южный федеральный университет, НИИ физики. E-mail: Buraeva_elena@mail.ru

Burayeva Elena A. – Candidate of Chemistry, the manager of Separate laboratory of nuclear physics, the Southern federal university, physics scientific research institute.

УДК 316:007:621.039–057.87

СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ОРИЕНТИРЫ СОВРЕМЕННОЙ МОЛОДЕЖИ ПО ВОПРОСАМ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

В.А. Руденко, Ю.А. Евдошкина

*Волгодонский инженерно-технический
институт – филиал Национального
исследовательского ядерного
университета «МИФИ»*

*Volgodonsk Engineering Technical Institute
the branch of National Research Nuclear
University «MEPhI»*

В статье представлено социокультурное исследование, направленное на изучение формирования ориентиров и установок студентов, будущих специалистов атомной отрасли по вопросам культуры безопасности.

Ключевые слова: Культура безопасности, уровни культуры безопасности, социокультурные ориентиры личности, социокультурные категории.

The article submits sociocultural research aimed at study the process of formation the nuclear security principles and purposes of the students, future specialists in the field of atomic energy

Keywords: Security, security levels, Sociocultural principles of a person, Sociocultural categories.

Мировой опыт, полученный в результате изучения причин аварийных ситуаций на атомных станциях, заставил взглянуть на работу персонала с позиций современной психологии, социологии и даже культурологии. В настоящее время в атомной отрасли формируется новое направление, которое получило название «культуры безопасности». Термин «культура безопасности» появился в словаре атомщиков после Чернобыльской аварии. Это направление отразилось в руководящих документах организации, координирующей и инспектирующей во всех странах безопасность атомных станций – Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). В них дано определение культуре безопасности, как «такому набору характеристик и отношений в организациях и у отдельных лиц, который показывает, что проблемам безопасности атомной станции действительно уделяется внимание, достойное их первостепенной значимости». [1]

Интересно отметить, что понятие «культура» не случайно связали с безопасностью. Культура подразумевает преемственность накопленного опыта, его воспроизводство от поколения к поколению. Понятие «культура» трактуется, как «система исторически развивающихся надбиологических программ человеческой деятельности, поведения и общения, выступающих условием воспроизводства и изменения социальной жизни во всех ее основных проявлениях». [2] Культурный человек не бросит мусор мимо урны не потому, что боится быть оштрафованным, и не потому, что задумывается о проблемах работы дворников, а потому, что он просто не может иначе. Так же и в культуре безопасности: сотрудник не нарушит правил безопасного выполнения работ не потому, что боится лишения премии, и не потому, что задумывается о возможности несчастного случая, а потому, что он просто не в

силах отступить от принятых норм, это стало его внутренней психологической потребностью. Это говорит о том, что под культурой можно понимать образ поведения человека, ставший его внутренней потребностью. Культура безопасности рассматривается, как система программ деятельности, поведения и общения работников по безопасной эксплуатации технически сложного объекта. [3] Таким образом, культура безопасности является частью общечеловеческой культуры и тесно взаимодействует с другими типами культур, такими как национальная культура, организационная культура и множествами различных субкультур.

Специалисты атомной отрасли говорят о том, что в своей реализации культура безопасности должна достигнуть того, что безопасность рассматривается, как непрерывный процесс совершенствования, в который каждый может внести свой вклад. Культура безопасности – это выражение отношения человека к проблемам безопасности, проявленное им при выполнении служебных обязанностей.

Реализация культуры безопасности, не в последнюю очередь, будет зависеть от молодых людей, уже сейчас планирующих свою работу в атомной отрасли. Качество их образования, социальная мобильность и развитые социокультурные ориентиры будут оказывать непосредственное воздействие на достижение культуры безопасности.

Устойчивая совокупность социокультурных ориентиров обуславливает такие качества личности, как цельность, надежность, верность определенным принципам и идеалам, способность к волевым усилиям во имя этих идеалов и ценностей, активность жизненной позиции, упорство в достижении цели.

На базе ВИТИ НИЯУ МИФИ было проведено анкетирование студентов, будущих специалистов атомной отрасли. Цель исследования – определить сформированность социокультурных ориентиров по вопросам культуры безопасности в атомной отрасли. В анкетировании приняло участие 66 человек, студенты с 1 по 3 курс направлений подготовки «Атомные электрические станции» и «Ядерная энергетика».

В первом вопросе студентам предложили отметить, на чем основано, по их мнению, понятие «культура безопасности».

Как показало исследование, понятие «культура безопасности», по мнению студентов, базируется на понимании, осознании каждым работником отрасли приоритета безопасности перед прочими ценностями, так отметили 66% опрошенных; на профессионализме людей (16,6%); на технической грамотности (10,6%) и 12,2% студентов считают, что культура безопасности основывается на запретах и строгой системе принуждения установленным нормам, правилам, процедурам.

В комплексе культуры безопасности выделяют 3 уровня: индивидуальный (это осмысление своей работы, поставленных задач, психология безопасности каждого работника атомной отрасли); уровень руководителей (надзор и контроль за работами, повышение квалификации персонала); политический уровень (это заявления о политике в области безопасности, международные, государственные и внутренние документы по безопасности). [4]

Студентам было предложено проранжировать по значимости данные уровни, на которых должна функционировать культура безопасности. По их мнению, в своей реализации культура безопасности, прежде всего, базируется на индивидуальном уровне (69,9%); на уровне руководителей (15,9%); на политическом уровне (14,25%). Работники на атомной станции должны быть достаточно убеждены в том, что они лично и активно вовлечены в процесс повышения безопасности, студенты понимают и отмечают это.

Социокультурные ориентиры – это важнейшие элементы внутренней структуры личности, закрепленные жизненным опытом индивида. Посредством социокультурных

ориентиров в обществе формируются стандарты культурных оценок к той или иной проблеме. [5]

На выбор, для ранжирования мы предложили студентам ряд социокультурных категорий, которые попросили соотнести с понятием «культура безопасности». Наиболее значимыми были обозначены следующие категории: «национальная безопасность» (40,3%); «доверие» и «сотрудничество» (24,3%); «согласие» (6,6%); «терпимость» и «культура мира» (6%). Такие категории как «солидарность», «сотворчество», «социальные перемены» и «диалог», студенты посчитали менее соотносимыми с культурой безопасности. Никто из студентов не выбрал категорию «неопределенность».

Культура безопасности предполагает высокую квалификационную и психологическую подготовленность специалистов атомной отрасли. В последнем вопросе анкеты мы предложили студентам выбрать наиболее важные принципы и ценности, которые присущи приверженцу культуры безопасности. В представлении студентов, работник атомной станции должен быть наделен следующими качествами: «ответственность» (35,9%); «бдительность» (24,3%); «профессионализм» (24,5%); «следование установленным правилам и процедурам» (22,5%); «умение работать в команде» (6,6%); «уверенность в себе» (6%).

Менее значимыми студенты посчитали такие качества, как «честность», «стремление к улучшению навыков и знаний», «активность» и «принципиальность». Никто не выбрал такие качества как, «пассивность» и «единоначалие».

Некоторые итоги проведенного исследования представляют для нас особый интерес. К этим выводам можно отнести то, что общий уровень социокультурных ориентиров по вопросам культуры безопасности в атомной отрасли у студентов ВИТИ НИЯУ МИФИ можно оценить, как достаточно высокий. Студенты понимают и отмечают, что самая важная составляющая культуры безопасности – это человеческий фактор. Культура безопасности должна быть частью каждого человека, ответственного за безопасность атомной станции. Это часть не только организационной, но и общечеловеческой культуры.

Культура безопасности, как и любая культура, основывается на наборе общепринятых представлений о реальности, а именно социокультурных ориентирах личности. При подготовке молодых специалистов для атомной отрасли важно развивать такие качества как уверенность в себе, добросовестность, ответственность, дисциплину и другие, которые так же важны для профессионала-атомщика, как знание ядерной физики.

Литература

1. IAEA. Safety Culture. Safety series No. 75-INSAG-4. IAEA. Vienna, 1991.
2. Абрамова В. Безопасности без культуры не бывает // Электронный журнал «Мировая энергетика». Октябрь 2007 г. URL: <http://www.worldenergy.ru> (дата обращения: 19.04.2011).
3. Культура атомной безопасности. URL: <http://energyland.info>
4. Агапов А.М., Новиков Г.А. Атомная отрасль, атомное право и культура безопасности // Сайт российского атомного сообщества. URL: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2011> (дата обращения: 04.04.2011).
5. Суртаев В.Я. Миры культуры глазами молодых: Учебное пособие.– СПб: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусств, 2004.– 288 с.

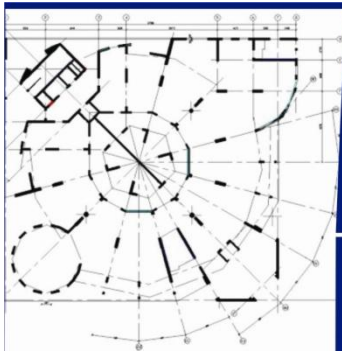


Руденко Валентина Анатольевна – доктор социологических наук, профессор, руководитель ВИТИ НИЯУ МИФИ. E-mail:VARudenko@mephi.ru

Евдошкина Юлия Александровна – начальник учебно-методического отдела ВИТИ НИЯУ МИФИ.

Rudenko Valentina Anatolievna – Doctor of Sociology, Professor, the head of Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI». E-mail:VARudenko@mephi.ru

Evdoshkina Julia Alexandrovna – the head of academic department, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI».



Общество с ограниченной ответственностью
Научно-производственная фирма

«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»

- разработка проекта производства геодезических работ (ППГР) на строящиеся блоки атомных электростанции;
- геодезическое обеспечение обследования зданий и сооружений АЭС;
- геодезическое сопровождение строительных процессов при возведении блоков АЭС;
- геодезическое обеспечение монтажа технологического оборудования АЭС;
- диагностика технического состояния оборудования и эксплуатация блоков АЭС.

ИНЖЕНЕРНАЯ  ГЕОДЕЗИЯ

344041, г. Ростов-на-Дону, ул. Мадояна, 60, оф 4
Тел.: (863) 248-09-89 Факс: (863) 236-12-70
[www. geo-rostov.ru](http://www.geo-rostov.ru) geodez@real36.com

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Спецвыпуск (3) 2012 МАЙ

Главный редактор – **М.Н. Стриханов, доктор физико-математических наук, профессор**

Сдано в набор 14.05.2012 г.

Компьютерная вёрстка Вишнёва М.М.

Корректор Вишнёва М.М. ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

Подписано к печати 25.05.2012 г.

Бумага «SvetoCору» 80 г/м². Объем 11.76 усл.печ.л.

Гарнитура «Times New Roman»,

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94