На правах рукописи

Кузьмина

Кристина Артемовна

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

03.02.08 – экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)

Научный руководитель

Медянкина Мария Владимировна,
кандидат биологических наук, доцент,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», заведующая лабораторией эколого-токсикологических исследований

Официальные оппоненты

Соловых Галина Николаевна,
доктор биологических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет»,
заведующая кафедрой биологии

Заболотских Влада Валентиновна,
кандидат биологических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доцент кафедры «Химическая технология и промышленная экология»

Ведущая организация

ФГБУН институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук

Защита состоится «14» марта 2019 г. в 12 часов 00 минут на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.203.38 при Российском университете дружбы народов по адресу: 115093, г. Москва, Подольское шоссе, д. 8/5, экологический факультет.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6 и на сайте dissovet.rudn.ru.

Автореферат разослан «___» января 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.б.н. Е.А. Ванисова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Куйбышевское водохранилище является одним из крупнейших в России и в мире. Его протяженность по судовому ходу близка к 500 км, ширина 35-40 км. Оно имеет важное рыбохозяйственное значение. Рыбные запасы составляют лещ, щука, судак, плотва и другие. В водохранилище насчитывается от 48 до 54 видов рыб. Ресурсы водохранилища позволяют успешно работать хозяйствам, занимающимся рыбным промыслом (Фитопланктон…, 2003; Евланов и др., 1996; Кузнецов, 2005).

Планирование, разработка и реализация различных программ по хозяйственному освоению водных объектов требуют объективных данных об экологической обстановке и оценке ее динамики, что на сегодняшний день зачастую затруднительно без использования картографической формы представления информации. Это во многом касается и Куйбышевского водохранилища, поскольку на нем активно ведется хозяйственная деятельность – выработка электроэнергии, добыча нерудных строительных материалов, разведка нефтеуглеводородного сырья, дноуглубление судовых путей (Ситнов и др., 2011; 2012). Так же его назначение состоит в судоходстве, орошении сельскохозяйственных угодий; коммунальном и промышленном водоснабжении; рекреационных целях и туризме; приемнике сточных вод.

Несмотря на то, что изучение состояния экосистемы Куйбышевского водохранилища началось с момента его создания и продолжается до сих пор, до настоящего времени не было создано ни одного комплексного атласа, содержащего в себе описание основных экологических характеристик и отражающего их изменение в пространстве и времени, данные не собирались в единую базу по конкретным участкам водохранилища. Учитывая размеры рассматриваемого водоема и гидрологические особенности его отдельных участков, возникает необходимость разработки подходов к методам визуализации, которые позволяли бы не только отображать результаты натурных наблюдений, но и экстраполировать полученные результаты на схожие по условиям участки водохранилища и создавать тематические карты, отражающие максимум, труднодоступной для восприятия в пространственном аспекте, информации.

Одним из наиболее значимых участков Куйбышевского водохранилища является расположенный в верхней части этого водоема Волжский плес, где находятся места обитания и размножения многих ценных промысловых рыб (Сайфуллин, 2006).

На основании всего выше сказанного, можно с уверенностью сказать, что работы, посвященные оценке экологического состояния данного водного объекта с последующей картографической интерпретацией результатов более чем актуальны.

Цель работы – провести оценку современного экологического состояния различных участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия на основе данных о состоянии их отдельных компонентов.

Для достижения цели решались следующие **задачи**:

1. Установить значения основных физико-химических, гидрохимических и гидрологических параметров среды различных участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища на современном этапе исследования и оценить их величины в пространственно-временном аспекте;

2. Провести анализ современного состояния сообществ водных организмов (фитопланктон, зоопланктон, зообентос) на различных участках Волжского плеса, исходя из их таксономического состава, показателей количественного развития и особенностей структурной организации сообществ данных водных объектов;

3. Оценить качество воды по состоянию фито- и зоопланктона на участках Волжского плеса Куйбышевского водохранилища;

4. Описать подходы к созданию тематических карт, отражающих современное экологическое состояние Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия;

5. Создать электронную базу данных, включающую в себя картографическое представление состояния, распределения и динамики изученных водных организмов и среды их обитания в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища, а так же антропогенную нагрузку, и составить атлас современного состояния Волжского плеса Куйбышевского водохранилища.

Научная новизна. Впервые за все время существования водохранилища создан атлас состояния Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по результатам собственных исследований и литературным данным, отображающий современное состояние количественных показателей водных организмов, динамику их изменений в пространственном и временном аспекте в условиях антропогенного воздействия.

Практическая значимость работы. Созданный атлас и электронная база данных использовались при организации экологического мониторинга состояния Куйбышевского водохранилища и кормовой базы рыб ФГБУ «Главрыбвод» и ФГБУН ИЭВБ РАН. Также они могут быть использованы подведомственными Росрыболовству организациями, предприятиями, планирующими и осуществляющими хозяйственную деятельность в акватории водохранилища, а так же широким кругом лиц, занимающихся исследованием экосистемы водохранилища.

Созданная электронная база данных о состоянии Волжского плеса Куйбышевского водохранилища может в дальнейшем пополняться результатами будущих исследований для визуальной оценки происходящих изменений на участках добычи нерудных строительных материалов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Оценка экологического состояния каждого из изученных участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища показала их значительное отличие друг от друга по физико-химическим, гидролого-гидрохимическим, гидробиологическим характеристикам и антропогенной нагрузке.

2. Выявленная пространственно-временная динамика параметров среды и состояния водных организмов в пределах участков отражена в атласе и тематических картах экологического состояния Волжского плеса Куйбышевского водохранилища.

3. Разработанные подходы к визуализации ряда экологических параметров могут быть использованы для изучения водных объектов с аналогичными характеристиками.

Соответствие паспорту научной специальности. Результаты проведенного исследования соответствуют пунктам 2.2 и 2.3 паспорта научной специальности 03.02.08 – экология.

Апробация работы. Результаты работы были представлены на I международной конференции молодых ученых (Мурманск, 2014), на второй научной школе молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения И.Б. Бирмана (Москва, 2015 г.), на Международной научно-практической конференции «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: экологические вызовы XXI века», на IV международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек» (Тольятти, 2018 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 9 статей в изданиях из перечня ВАК.

Личный вклад автора. Автор на всех этапах экспедиционных работ осуществлял исследование параметров водной среды, отбор биологических проб (фитопланктон, зоопланктон, зообентос), обрабатывал пробы зообентоса, обосновал актуальность темы диссертации, поставил цель и задачи исследования, оценивал экологическое состояние водохранилища по комплексу биологических и физико-химических показателей, провел статистический анализ полученных результатов, разработал подходы к созданию тематических карт водохранилища, создал электронную картографическую базу данных, включающую результаты своих исследований, а так же литературные данные, сделал обобщения и выводы.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 223 источника, из них 22 иностранных. Материал изложен на 172 страницах, содержит 35 таблиц, 27 рисунков, 6 приложений.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю к.б.н., доценту М.В. Медянкиной за ценные советы и помощь в планировании и реализации работы, а также обработке результатов исследования. Отдельную благодарность автор выражает к.б.н. И.А. Кузьминой (бывшему сотруднику ДРТИ ФГБОУ ВО АГТУ), к.б.н. Н.Г. Тарасовой, Т.Н. Бурковой, Е.С. Кривиной (сотрудникам ИЭВБ РАН) за ценные советы и помощь в обработке проб, а так же Ф.Г. Хайруллину (исполнительному директору ООО «Волжская судоходная компания») за организацию и реализацию работ по сбору материала и в содействии в скором получении материалов, необходимых для составления экологической карты, и командам судна «Биляр» и судна «Ярославец» за неоценимую помощь в отборе проб.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Гидробиологическая характеристика Куйбышевского водохранилища

В данной главе представлен обзор литературы о состоянии фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, ихтиофауны водохранилища.

Глава 2. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика Волжского плеса Куйбышевского водохранилища

В данной главе описываются физико-географические и гидрологические особенности водохранилища, результаты гидролого-гидрохимических исследований. Представлена классификация водохранилища по различным признакам.

Глава 3. Материалы и методы исследований

Объектом исследования явились три различных по своим гидрологическим особенностям участка акватории Волжского плеса Куйбышевского водохранилища, где располагаются месторождения нерудных строительных материалов (рисунок 1). Описана характеристика каждого изученного участка, на основании лицензионных соглашений на пользование участками.

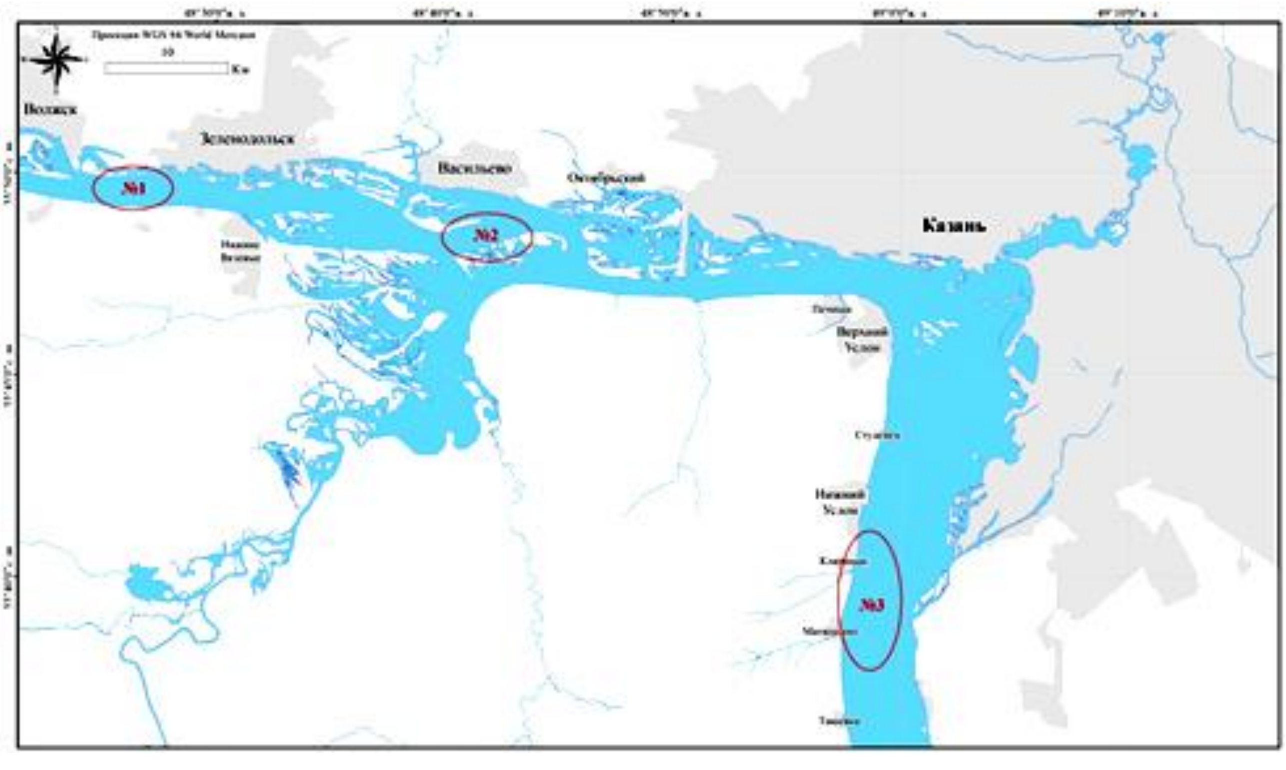
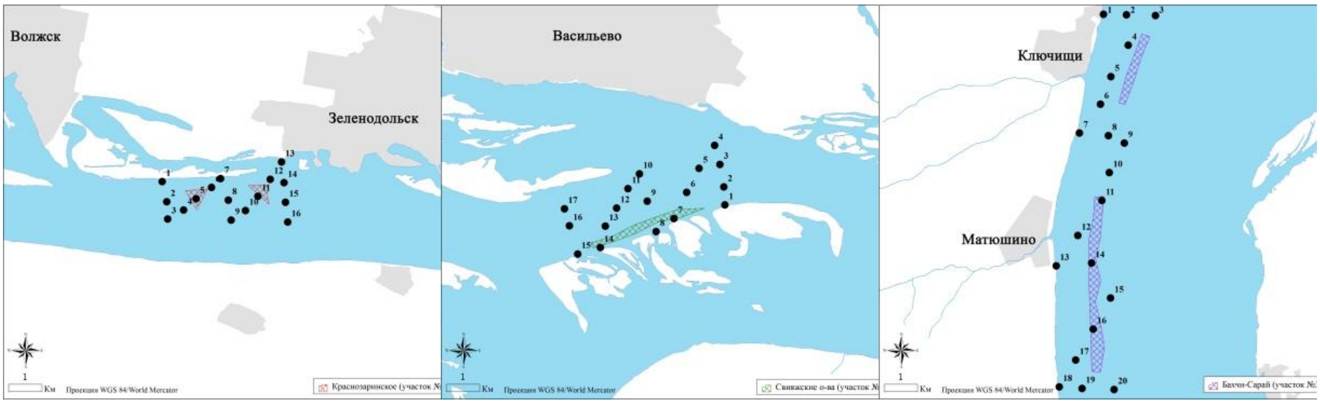


Рисунок 1. Общая карта-схема расположения исследуемых участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014-2015 гг.

Исследования проводились в вегетационный период 2014 и 2015 гг. (май, июль и сентябрь). При проведении исследований станции расставлялись исходя из гидрологических особенностей участков, а так же согласно методическим рекомендациям (Блинова и др., 2005) (рисунок 2).



Участок №1 Участок №2 Участок №3

Рисунок 2. Станции на исследуемых участках Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014-2015 гг.

На станциях всех трех участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища проводились следующие виды работ: определение глубины с помощью эхолота, установленного на борту судна; гидролого-гидрохимические – измерения температуры воды, pH, содержания растворенного в воде кислорода, общей мутности воды; гидробиологические – изучение состояния фитопланктона, зоопланктона, зообентоса.

Разметка станций осуществлялась с помощью программного комплекса ArcGIS. Ориентация между станциями в момент полевых исследований производилась с использованием GPS-навигатора Garmin. Для получения физико-химических показателей пользовались гидрологическим зондом «YSI 6600V2».

Пятилитровым батометром Нискина с поверхностного горизонта осуществлялся отбор проб фитопланктона; сетью Джеди с диаметром входного отверстия 12 см и размером ячеи 0,145 мм методом тотального лова проводили отбор проб зоопланктона; дночерпателем Ван-Вина с площадью захвата 0,025 м^2 в трех повторностях с каждой станции отбирались пробы зообентоса, которые затем промывались с помощью сети с размером ячеи 0,5 мм.

Во все сезоны физико-химические показатели замерялись на 2 горизонтах – поверхностном и придонном.

За весь период исследований было отобрано по 311 проб фитопланктона, зоопланктона и зообентоса (общее количество проб составило 933 шт). Фиксацию проб проводили в 4% растворе формалина.

Для оценки видового разнообразия фитопланктона и зоопланктона использовали показатель общего разнообразия Шеннона (H). Так же были рассчитаны индекс выравненности Пиелу (e) и сапробность (S). Все индексы были рассчитаны по численности и биомассе.

Качественная характеристика зообентоса определялась до вида по 30% проб. Количественная характеристика представлена по основным таксономическим группам организмов.

Для статистической оценки полученных результатов были использованы стандартные методы вариационной статистики (Песенко, 1982). Рассчитывали следующие основные статистические параметры: среднее значение показателя (x), стандартное отклонение среднего значения (±mx), максимальное значение показателя (max), минимальное значение показателя (min). Характер и силу связи между показателями определяли с помощью коэффициента корреляции Спирмена (r) непараметрическими методами (т.к. распределение показателей было не нормальным) при доверительной вероятности P > 0,95% с использованием пакета программы Statistica 13.3.0 (Боровиков, 1997).

Для построения серии тематических экологических карт и обработки полученных данных использовались ГИС Google Earth Pro и программный комплекс ArcGIS версии 10.0 с его дополнительным модулем Spatial Analyst, а так же для компоновки атласа и карт из Приложения 5 использовался Adobe Photoshop. Для статистической обработки результатов пользовались Microsoft Excel.

Глава 4. Результаты исследований

За весь период существования водохранилища накоплено большое количество данных о состоянии его экосистемы и ее динамики. Но в связи с тем, что водохранилище имеет огромные размеры, а так же с тем, что его изучает множество организаций и структур, каждое из которых преследует различные цели по его изучению, нет постоянной сетки станций, фиксированного количества изучаемых параметров, при анализе используются различные методы. В связи с этим, нами был выбран для изучения Волжский плес Куйбышевского водохранилища, как наиболее значимый в рыбохозяйственном отношении, и описана методология его изучения, а также применена интерпретация собранного материала при помощи ГИС-технологий. Методологию наших исследований возможно использовать для последующего изучения других участков данного водохранилища, а так же других водных объектов, схожим по характеристикам с нашим.

4.1 Физико-химическая характеристика исследуемых участков Куйбышевского водохранилища

От участка к участку прослеживались отличия в физико-химических показателях воды. На участке №3 такие показатели как мутность, pH и температура были немного выше, чем на других двух участках, а показатели кислорода ниже. Также участок №3 отличается большими глубинами. В 2015 г. ухудшился кислородный режим на всех участках по сравнению с 2014 г.

В период проведения исследований было отмечено небольшое превышение уровня pH в 2014 году - в летние периоды на участках №№ 1 и 2, в осенний период на участке № 3, а так же в летний и осенний периоды в Волжском плесе в целом. Слегка повышенное значение pH в летний период возможно из-за развития водорослей, а осеннее - из-за стоков находящихся поблизости предприятий, которые сбрасываются непосредственно в водохранилище, а так же с ливневыми стоками с берегов водохранилища. В 2015 году отклонений от нормированных значений (Приказ № 552…) не зафиксировано.

4.2. Гидробиологический режим исследуемых участков Куйбышевского водохранилища

4.2.1. Таксономический состав и количественные показатели фитопланктона

В вегетационный период 2014-2015 гг. в районе исследуемых участков была обнаружена 481 разновидность и форма фитопланктона, относящаяся к 9 группам (таблица 1).

Основной вклад в формирование общей численности вносили сине-зеленые водоросли (цианопрокариоты) – в среднем 64 % от общей численности на участке

№1, 56 % - на участке №2 и 55 % - на участке №3. Величина же биомассы фитопланктона традиционно в значительной мере определялась диатомовыми водорослями (62 % от общей биомассы на участке №1; 566 % на участке №2 и 56 % на участке №3). Клетки диатомовых водорослей значительно крупнее клеток цианопрокариот, поэтому именно они сделали наиболее значимый вклад в формирование биомассы. Мелкоклеточные же цианопрокариоты даже при относительно высокой численности не смоги оказать существенного влияния на формирование биомассы (Кузьмина, 2016). Исключение составляла только осень 2014 г., когда численность и биомасса сине-зеленых водорослей были самыми высокими (69,99 млн.кл./л и 8,19 мг/л соответственно на участке №1; 43,75 млн.кл/л и 2,76 мг/л на участке №2; 55,06 млн.кл/л и 4,31 мг/л на участке №3).

Таблица 1. Таксономический состав водорослей Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014-2015 гг.

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Разновидности и формы	%
Cyanophyta	4	7	14	28	49	51	11
Chrysophyta	6	7	9	13	38	38	8
Bacillariophyta	4	8	17	30	140	144	30
Xanthophyta	2	2	4	5	9	9	2
Cryptophyta	1	1	1	3	13	14	3
Dinophyta	3	4	5	6	18	19	4
Euglenophyta	1	1	1	6	26	29	6
Chlorophyta	9	11	31	59	168	170	35
Streptophyta	1	1	2	3	7	7	1
Всего	**31**	**42**	**84**	**153**	**468**	**481**	**100**

Показатели видового разнообразия и выравненности сообщества по численности в весенние периоды 2014 и 2015 г., а так же в летний период 2014 г. водорослей в экосистеме участков №1 и 2, а так же в летний период 2015 г. на участке №3 были довольно высокими. Это было связано с тем, что доминирование видов было заметным, но не жестким. В отличие от осеннего периода 2014 г, а так же летне-осеннего 2015 г. (кроме лета 2015 г. на участке №3), когда эти показатели были довольно низкими в связи с жестким доминированием видов: *Geitlerinema amphibium, Microcystis aeruginosa, M. wesenbergii, Planktothrix agardii, P. limnetica* и *Pseudoanabaena mucicola*. Низкие значения данных показателей являются одним из свидетельств неблагоприятных условий в данной зоне и нарушенном биологическом равновесии в системе (Трифонова, 1990, 1994).

При сопоставлении физико-химических параметров воды и количественных характеристик фитопланктона были обнаружены статистически значимые при доверительной вероятности Р>0,95: прямая связь средней силы (r=0,6) с мутностью воды, обратная слабая связь (r=-0,4) с pH, прямая связь средней силы (r=0,5) с кислородом и прямая связь средней силы (r=0,6) с температурой.

4.2.2. Таксономический состав и количественные показатели зоопланктона

Зоопланктон имеет большое значение в питании молоди и взрослых рыб.

В 2014 и 2015 гг. в районе исследуемых участков были встречены 3 основные таксономические группы планктонных организмов: коловратки (Rotifera), ветвистоусые (Cladocera), веслоногие (Copepoda).

На рисунке 3 показаны средние по Волжскому плесу численность, биомасса и соотношение групп организмов по сезонам и годам.

В общем, по Волжскому плесу, как и на каждом исследованном участке в отдельности, в 2014 и 2015 гг. в весенний и осенний периоды по биомассе преобладают веслоногие, в летний период – ветвистоусые.

Всего в процессе исследования было зарегистрировано 30 видов зоопланктонных организмов: 7 видов Rotifera, 7 видов Copepoda и 16 видов Cladocera.

Наиболее богатым по количественному разнообразию видов оказался участок №3.

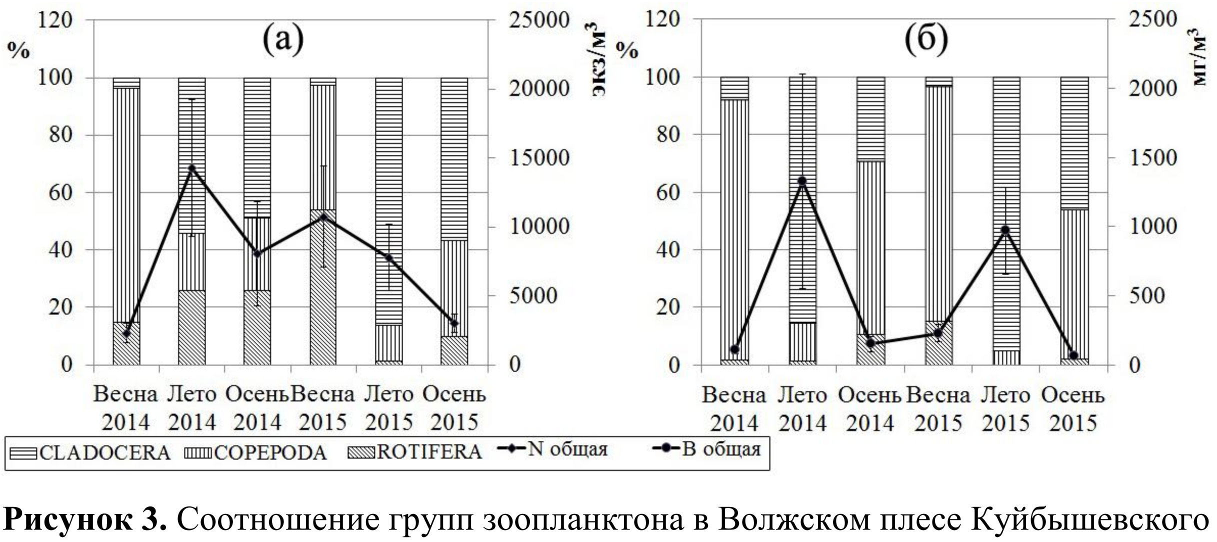


Рисунок 3. Соотношение групп зоопланктона в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014-2015 гг. (а – по численности; б - по биомассе)

Исходя из полученных значений рассчитанных индексов, зоопланктон Волжского плеса Куйбышевского водохранилища имеет довольно низкое видовое разнообразие с жестким доминированием конкретных видов организмов, что говорит о неблагоприятных условиях для развития сообщества.

Максимальная численность зоопланктона летом 2014 года составила 95,3 тыс.экз/м^3.

Комплекс доминирующих по численности видов зоопланктона включал *Brachionus calyciflorus* (Pallas, 1766), *Chydorus sphaericus* (O.F.Müller, 1785), *Daphnia cucullata* (G.O. Sars, 1862), *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1776).

Наиболее богатым по видовому разнообразию зоопланктонных организмов оказался участок №3. А преобладающим по численности и биомассе организмов – участок №1.

При сопоставлении физико-химических параметров воды и количественных характеристик зоопланктона были обнаружены статистически значимые при доверительной вероятности P>0,95: обратная связь высокой силы (r=-0,9) с глубиной, обратная связь высокой силы (r=-0,7) с мутностью воды, обратная связь средней силы (r=-0,5) с pH, прямая связь средней силы (r=0,6) с кислородом и прямая связь высокой силы (r=0,7) с температурой.

4.2.3 Таксономический состав и количественные показатели зообентоса

В вегетационный период 2014-2015 гг. было встречено 7 групп организмов включающие в себя 34 вида: моллюски, олигохеты, полихеты, пиявки, мизиды, амфиподы, хирономиды, а так же личинки других насекомых (таблица 2).

Таблица 2. Таксономический состав зообентоса Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014-2015 гг.

Группа	Класс	Отряд	Семейство	Род	Вид
Моллюски	2	4	4	4	5
Олигохеты	1	2	2	5	6
Полихеты	1	1	1	1	1
Пиявки	1	2	3	5	5
Амфиподы	1	1	2	2	3
Мизиды	-	1	1	1	1
Хирономиды	1	1	1	4	9
Личинки др. насекомых	-	3	3	3	5
Всего	**7**	**15**	**17**	**25**	**34**

На всех участках в течение всего периода исследования основу биомассы составляли моллюски (дрейссена). Их содержание в пробах варьировало от 6 до 96% по численности и от 75 до 99,9% по биомассе. Так же единично встречались пиявки.

По средней биомассе мягкого зообентоса весной и летом 2014 г., а так же весной 2015 г., выделялся участок №2. Осенью 2014 г., а так же летом и осенью 2015 г. – участок №1.

На участке №3 во все сезоны наблюдений было больше всего моллюсков (дрейссены). В летние и осенние периоды 2014-2015 гг. это был самый бедный участок по количеству мягкого зообентоса.

На участках №1 и 2, характеризующимися заилеными песками и небольшими глубинами, были встречены такие виды как *Hypania invalida* (Grube, 1860), *Paramysis ullskyi* (Czerniavsky, 1882), *Cryptochironomus defectus* (Kieffer, 1913), *Cr. nigridens* (Chernovskij, 1949), *Cryptochironomus nigridens* (Chernovskij, 1949), *Cr. defectus* (Kieffer, 1913).

На глубоководном участке №3, отличающимся песчаным, местами каменистым, грунтом, были встречены такие виды организмов как *Lithoglyphus naticoides* (C.Pfeiffer, 1828), *Limnodrilus hoffmeisteri* (Claparede, 1862), *Isochaetides michaelseni* (Lastočkin, 1937), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Polypedilum gr. nubeculosum* (Meigen, 1818), *P. convictum* (Walker, 1856).

В летний период 2014 г., а так же в летне-осенний период 2015 г. на участке №1, во все периоды, кроме весеннего 2014 г. на участке №2, а так же в весенние и осенние периоды 2014-2015 гг. на участке №3 происходило преобладание количественных характеристик хирономид над количественными показателями олигохет, что подтверждает, по данным Калайды (1998), сильную антропогенную нагрузку на эти участки.

При сопоставлении физико-химических параметров воды и количественных характеристик зоопланктона были обнаружены статистически значимые при доверительной вероятности $P>0,95$: прямая связь средней силы ($r=0,6$) с глубиной, обратная связь средней силы ($r=-0,5$) с мутностью воды, обратная связь средней силы ($r=-0,6$) с pH, прямая связь средней силы ($r=0,5$) с кислородом и прямая связь средней силы ($r=0,6$) с температурой.

При исследовании корреляции между моллюсками и глубиной, а так же при делении мягкого зообентоса на группы и изучении корреляции между глубинами и каждой группой в отдельности, связей выявлено не было.

4.3. О связи фитопланктона и зоопланктона исследуемых участков

При сопоставлении развития фито- и зоопланктона на исследованных участках Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014-2015 гг. было установлено, что весной и летом высокие показатели биомассы зоопланктона связаны с вегетацией в фитопланктоне зеленых и диатомовых водорослей, которые активно потребляются в пищу.

В осенние периоды наблюдались пики в развитии фитопланктона, в это время жесткими доминантами выступили *Microcystis aeruginosa* и *M. Wesenbergii*. Крупные колонии этого вида водорослей зоопланктоном в пищу не употребляются (Sarma etc., 2000; Крючкова, 1989; Porter, 1984), в связи с чем произошло резкое сокращение биомассы зоопланктона из-за сокращения потребляемого им в пищу фитопланктона.

При изучении корреляции между количественными показателями фитопланктона и зоопланктона были обнаружены статистически значимые при доверительной вероятности P>0,95: слабая прямая связь (r=0,4) в весенние и летние периоды и слабая обратная связь (r=-0,3) в осенние периоды.

Таким образом, когда в биомассе и численности фитопланктона не наблюдалось жесткого доминирования конкретных видов, численность и биомасса зоопланктона возрастала вместе с этими же показателями фитопланктона. При появлении жестких доминантных форм водорослей, резко снижались и количественные показатели зоопланктона.

4.4. О связи численности моллюсков (дрейссены) с численностью зоопланктона исследуемых участков

Изучая соотношение численности планктона и моллюсков (дрейссены) можно предположить, что снижение количественных показателей планктона в 2015 г. по сравнению с 2014 г. связано не только с абиотическими параметрами среды, но и с увеличением количества дрейссены. Так же прослеживается взаимосвязь между резкими скачками в развитии моллюсков по сезонам и резком снижении численности зоопланктона.

При вычислении коэффициента корреляции между численностями моллюсков и зоопланктона была обнаружена статистически значимая при доверительной вероятности $P>0{,}95$ обратная связь средней силы ($r=-0{,}5$), что говорит о том при увеличении численности моллюсков, численность зоопланктона снижалась.

4.5. Оценка качества воды Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по состоянию гидробионтов в местах добычи нерудных строительных материалов

4.5.1. Оценка качества воды по состоянию фитопланктона

Из обнаруженных нами разновидностей и форм фитопланктона, 54 % от общего количества разновидностей и форм, являлись показателями различной степени органического загрязнения. Основная часть (48 % водорослей-сапробионтов) была представлена видами-индикаторами средней степени (β-мезосапробы) органического загрязнения. Показатели низкой степени органического загрязнения (от о до о-β -мезосапробной зон) составляли 31 %. Доля индикаторов высокой степени содержания органических веществ (от β-α до α-ρ-сапробной зон) составила 21 % от общего числа водорослей-сапробионтов.

Индекс сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека на всех участках одинаков и составляет 2,0, что соответствует β-мезасапробной зоне, что соответствует III классу качества воды – умеренно загрязненная вода.

4.5.2 Оценка качества воды по состоянию зоопланктона

В летний период 2015 г. все участки Волжского плеса соответствовали α-мезотрофному типу. Участок №1 летом 2014 года соответствовал β-мезотрофному типу. Участок №3 летом 2014 года и участок №1 осенью 2015 г. – β-олиготрофному типу. Во все остальные периоды, плес характеризовался как α-олиготрофный.

Оценка качества воды по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека, показала, что зоопланктон в вегетационный период 2014-2015 гг. представлен преимущественно широко распространенными формами, в основном олигосапробами и бетамезосапробами, на которые приходится по 32% от общего числа организмов. На о-β-мезасапробные организмы приходится 24%, на α-β-мезосапробные 8% и α-мезосапробные – 4%.

Индекс сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека на участке №1 в 2014 г. составил в среднем 1,86, в 2015 г. – 1,94, что соответствует β-мезосапробной зоне. С продвижением вниз по течению к участку №2 индекс S составил 1,87 в 2014 г.

и 1,91 в 2015, что соответствует той же сапробной зоне. На участке №3 индекс сапробности в 2014 г. составил 1,92, а в 2015 г. – 1,91.

Глава 5. Динамика изученных гидробиологических параметров

5.1. Динамика развития фитопланктона

Средние многолетние количественные показатели фитопланктона указаны в таблице 3 (Монаков, 1983; Коновалов и др., 1989; Тарасова и др., 2010; Куйбышевское…, 2008; Халиуллина и др., 2009; Ускова и др., 2013).

Изучая межгодовую динамику биомассы фитопланктона (среднегодовые значения) Волжского плеса видно, что в 2012 и 2014 гг. она заметно выше за последние 30 лет наблюдений, а в 2015 г. резко снизилась до средней величины за годы исследований с 1981 по 2005.

Таблица 3. Среднемноголетние количественные показатели фитопланктона Куйбышевского водохранилища

Год	Биомасса, г/м^3	Численность, млн кл/л	Год	Биомасса, г/м^3	Численность, млн кл/л
1957[в]	6,0400		1989[п]	0,0060	8,47
1958[в]	4,9700		1993[п]	0,0019	6,76
1959[в]	3,3000		1999[п]	0,0021	6,05
1968[в]	2,3400		Лето 2004[п]	3,5400	3,56
1969[в]	2,3600		2005[п]	0,0008	0,95
1970[в]	4,0100		Август 2009[п]	0,0004	5,06
1971[в]	3,4600		2012[п]	0,0139	1,31
1975-1979[п]	0,0170	24,75	2014[п] *	0,0137	26,32
1979[в]	7,5100		2015[п] *	0,0014	7,66
1981-1984[п]	0,0047	14,33	2016[в]	0,0035	23,00

* - собственные наблюдения
[п] – Волжский плес
[в] – в среднем по водохранилищу

5.2. Динамика развития зоопланктона

Для сравнения динамики численности зоопланктона Куйбышевского водохранилища был проведен анализ литературных данных (таблица 4) (Чернышева и др., 1960; 1964; Миргородченко и др., 1970; Гаврилова и др., 1983; Гошкадеря, 1985; Калайда, 1998; Розенберг и др., 1996).

Анализируя средние количественные показатели зоопланктона Волжского плеса за вегетационные периоды последних 30 лет, наблюдается их значительное снижение.

Таблица 4. Среднемноголетние количественные показатели зоопланктона Куйбышевского водохранилища за вегетационные периоды

Год	Численность, тыс.экз/м^3	Биомасса, мг/м^3	Год	Численность, тыс.экз/м^3	Биомасса, мг/м^3
1958 [в]	35,9	530,25	1989	36,46	345,99
1959 [в]	44,55	564,70	1993	64,22	865,00
1960	52,63	1910,47	1994	53,7	
1962	36,1	1883,30	1996	81,73	
1964	97,75		1999	123,11	1616,76
1977	176	1100	2005	38,82	466,45
1981	120	1400	2014	8,21	529,30
1982 [в]	75		2015	7,25	404,17

[в] – в среднем по водохранилищу

5.3. Динамика развития зообентоса

В таблице 5 представлена многолетняя динамика биомассы зообентоса Волжского плеса Куйбышевского водохранилища (по Лукин, 1964; Ляхов, 1974, 1982; Миргородченко и др., 1986; Степанова и др., 2009; Куйбышевское…, 2008; Хамитов и др., 2014).

Таблица 5. Многолетняя динамика биомассы зообентоса Волжского плеса Куйбышевского водохранилища

Год	Биомасса, г/м^2	Год	Биомасса, г/м^2
1957	14,2	1971	12,53
1958	3,95	1975	30,00
1959	9,70	1980	108,70
1960	20,06	1981	149,62
1961	6,67	1982	323,30
1962	6,15	1983	246,98
1963	3,55	1984	360,11
1964	4,13	2000-2014	672,40
1965	4,51	2002	47,18
1966	8,70	2005	0,96
1967	15,00	2003-2005 (лето)	189,10
1968	17,62	2012	15,57
1969	17,89	2014	404,37
1970	14,53	2015	651,887

Биомасса зообентоса значительно выросла за весь период существования водохранилища за счет все возрастающего количества моллюсков (дрейссены).

Роль дрейссены в биоценозах важна с той позиции, что осаждаемая ею взвесь, представляет собой легко усвояемую пищу для многих видов детритофагов (Izvekova etc., 1972).

Развитию дрейссены могут способствовать различные факторы: снижение скорости течения воды, увеличение количества биогенных веществ, интенсивная седиментация взвешенных частиц и др.

В рыбохозяйственной и санитарной гидробиологии значение дрейссены оценивается весьма положительно, так как благодаря доминирующему положению она является колоссальной кормовой базой для рыб (плотва, лещ, сазан, густера) (Яковенко и др., 2013).

Глава 6. Подходы к визуальному отображению распределения количественных показателей водных организмов и показателей качества воды Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в местах добычи нерудных строительных материалов

Разработаны подходы к созданию атласа Волжского плеса Куйбышевского водохранилища, который включает в себя: антропогенное воздействие (сточные воды и загрязнения), гидрологическую и гидрохимическую характеристику, тип береговой линии водохранилища, распределение количественных показателей фитопланктона, зоопланктона и бентоса, концентрацию хлорофилла «А», зимовальную яму и нерестилище промысловых видов рыб, рыбопромысловые участки, условное районирование по гидрохимическим показателям.

В состав атласа так же входит 36 карт распределения численности и биомассы фитопланктона, зоопланктона и мягкого (кормового) зообентоса по участкам и годам. Для построения распределения количественных показателей гидробионтов была выбрана модель интерполяции данных «Обратно взвешенных расстояний» (ОВР).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При оценке воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на водные объекты требуются актуальные данные о состоянии экосистемы в месте проводимых работ. Но, как правило, при расчете ущерба, наносимого водным биоресурсам, используются усредненные литературные данные на всю акваторию, либо на большой участок водного объекта за несколько лет исследований. Такие данные могут быть неактуальными и не отражающими современного состояния участка водного объекта.

Сравнивая результаты расчетов ущерба из «Проекта …», сделанного по литературным данным, и результаты расчета ущерба по собственным исследованиям обнаружилось сильное отличие. Расчеты, сделанные по литературным данным, получились значительно завышенными. Отсюда можно сделать вывод о том, что при планировании хозяйственной деятельности необходимы натурные съемки на каждом конкретном участке акватории, где планируется проведение работ.

Исходя из гидрологических характеристик изученных участков, полученных количественных показателей гидробионтов и, учитывая особенности питания, нереста и местообитания основных промысловых видов рыб Волжского плеса Куйбышевского водохранилища (лещ, синец, густера, плотва, судак, чехонь, берш и окунь), можно предположить, что:

- мелководный, с небыстрым течением, богатый по количественным характеристикам зоопланктона участок №1 представляет ценность для таких видов как синец, густера, плотва, чехонь, окунь;

- участок №2, с медленным течением, с различными глубинами, с системой островов, наличием мелководных заводей, самый богатый по количеству кормовых организмов, идеален для всех промысловых видов рыб (лещ, синец, густера, плотва, чехонь, берш, судак, окунь и пр.) и тем самым, представляет собой самый ценный и уязвимый участок Волжского плеса;

- участок №3, глубокий и широкий, с песчаным дном и неровным рельефом хорош для леща, чехони, берша, в зимний период на него идут все промысловые виды рыб, т.к. он самый глубоководный, но при этом он самый загрязненный со все больше увеличивающейся антропогенной нагрузкой из-за находящихся в непосредственной близости вверх по течению таких населенных пунктов как: Верхний Услон, Казань, Нижний Услон, Ключищи, Матюшино.

Таким образом, резюмируя результаты исследований, можно заключить следующее:

1. Качество среды обитания гидробионтов Волжского плеса в последние годы сильно ухудшилось из-за возрастающей антропогенной нагрузки и как следствие, можно заключить, что происходит дестабилизация экосистемы Волжского плеса водохранилища;

2. В вегетационный период 2014-2015 гг. в пределах исследуемых участков была обнаружена 481 разновидность и форма фитопланктона, 30 видов зоопланктонных организмов, 7 групп организмов зообентоса (моллюски, олигохеты, полихеты, пиявки, амфиподы, мизиды, хирономиды, а так же личинки других насекомых), включающие в себя 34 вида. Оценивая многолетнюю динамику количественных показателей водных организмов Волжского плеса пришли к выводу о том, что в границах исследованных участков в 2014 г. биомасса фитопланктона сильно возросла за последние 30 лет, но в 2015 г. резко снизилась; численность зоопланктона за последние 30 лет заметно снизилась; численность и биомасса зообентоса значительно возросла из-за все увеличивающегося количества моллюсков;

3. Рассчитанный индекс сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека для фито- и зоопланктона соответствует β-мезасапробной зоне, что относит качество воды к III классу– умеренно загрязненная вода.

4. Описанные подходы к созданию тематических карт о состоянии Волжского плеса могут использоваться для дальнейшего создания атласа других участков водохранилища;

5. Созданная электронная база данных, включающая в себя картографическое представление состояния, распределения и динамики изученных кормовых ресурсов и среды их обитания, а так же антропогенную нагрузку, может в дальнейшем пополняться результатами будущих исследований экосистемы Волжского плеса Куйбышевского водохранилища. Составлен атлас современного состояния Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в масштабе 1:100 000, включающий в себя: антропогенное воздействие (сточные воды и загрязнения); гидрологическую и гидрохимическую характеристику; тип береговой линии водохранилища; распределение количественных показателей фитопланктона, зоопланктона и бентоса; зимовальную яму и нерестилище промысловых видов рыб; рыбопромысловые участки; условное районирование по гидрохимическим показателям; а так же 36 карт

распределения численности и биомассы фитопланктона, зоопланктона и мягкого (кормового) зообентоса по участкам и годам.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Шмакова З.И. Оценка состояния кормовой базы рыб Камского плеса Куйбышевского водохранилища / З.И. Шмакова, С.С. Ускова, **К.А. Кузьмина** // Рыбное хозяйство. – 2013. – №2. – 84-89.

2. Ускова С.С. Количественная оценка воздействия на зообентос добычи песка на Куйбышевском водохранилище / С.С. Ускова, Г.С. Зеленихина, М.В. Медянкина, **К.А. Кузьмина**, В.С. Баранов В.С. // Рыбное хозяйство. – 2014. – №4. – С. 39-44.

3. Кузьмина К.А. Бентос Куйбышевского водохранилища в районе месторождения строительного песка «Бахчи-Сарай» / **К.А. Кузьмина**, С.С. Ускова, М.В. Медянкина // Рыбное хозяйство. – 2015. – №2.– С. 73-78.

4. Кривина Е.С. Сравнительный анализ осеннего фитопланктона Куйбышевского водохранилища в районе месторождений нерудных строительных материалов / Е.С. Кривина, **К.А. Кузьмина**, Т.Н. Буркова, Н.Г. Тарасова, М.В. Медянкина // Рыбное хозяйство. – 2015. – №3.– С. 106-110.

5. Кривина Е.С. Общая характеристика качественного состава летнего фитопланктона Куйбышевского водохранилища в районе месторождений нерудных строительных материалов / Е.С. Кривина, **К.А. Кузьмина**, Т.Н. Буркова, Н.Г. Тарасова, М.В. Медянкина // Рыбное хозяйство. – 2015. – №4.– С. 30-34.

6. Кузьмина К.А. Анализ состояния весеннего фитопланктона и оценка качества воды в зоне месторождений нерудных строительных материалов Куйбышевского водохранилища / **К.А. Кузьмина**, М.В. Медянкина, Е.С. Кривина, Т.Н. Буркова, Н.Г. Тарасова // Рыбное хозяйство. – 2016. – №1.– С. 31-40.

7. Кузьмина К.А. Сезонная динамика зоопланктона Куйбышевского водохранилища на месторождении строительного песка «Бахчи-Сарай» / **К.А. Кузьмина**, М.В. Медянкина, И.А. Кузьмина // Рыбное хозяйство. – 2016. – №1.– С. 61-62.

8. Кузьмина К.А. Сезонная динамика зоопланктона Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в 2014 г. / **К.А. Кузьмина**, Кузьмина И.А., М.В. Медянкина // Вопросы рыболовства. – 2016. – Т. 17, № 1. – С. 88-95.

9. Кузьмина К.А. Гидробиологическая характеристика участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014-2015 гг. / **К.А. Кузьмина** // Экологические системы и приборы. – 2018. – №10. – С.42-47

Публикации в других научных изданиях

10. Медянкина М.В. Разработка подходов к эколого-рыбохозяйственному картированию Куйбышевского водохранилища / М.В. Медянкина, **К.А. Кузьмина** // Проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса на современном этапе. Тезисы докладов I междунар. конф. молодых ученых (г. Мурманск). – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2014 г. – С. 107-108;

11. Кузьмина К.А. Гидробиологическая характеристика Куйбышевского водохранилища на участке добычи песка «Бахчи-Сарай» в 2014 году / **К.А. Кузьмина**, М.В. Медянкина, И.А. Кузьмина, С.С. Ускова, А.Г. Тригуб, Е.С. Кривина, Н.Г. Тарасова, Т.Н. Буркова // Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания. Материалы Второй научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения И.Б. Бирмана. Звенигород, 19-25 апреля 2015 г. – М.: Издательство ВНИРО, 2015 г. – С. 38.

12. Кузьмина К.А. Оценка количественного состояния макрозообентоса Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный сезон 2014-2015 гг. / **К.А. Кузьмина**, М.В. Медянкина, Е.С. Кривина // Сборник Междунар. науч.-практич. конф. «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: экологические вызовы XXI века». – 2018 г. – С. 350-360.

13. Кузьмина К.А. О фитопланктоне Волжского плеса Куйбышевского водохранилища / **К.А. Кузьмина**, М.В. Медянкина // Междунар. научн.-практич. конф. «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: экологические вызовы XXI века», на IV междунар. конф. «Экологические проблемы бассейнов крупных рек» (Тольятти, 2018 г.) – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2018 г. – С.170-172

Кузьмина Кристина Артемовна (Российская Федерация)

Оценка современного экологического состояния различных участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища

Работа посвящена изучению современного экологического состояния Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия по ряду показателей: фитопланктона, зоопланктона, зообентоса.

Установлены значения основных физико-химических, гидрохимических и гидрологических параметров среды, проведен анализ современного состояния сообществ водных организмов (фитопланктон, зоопланктон, зообентос), оценено качество воды по состоянию фито- и зоопланктона, описаны подходы к созданию тематических карт, отражающих современное экологическое состояние Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия, создана электронная база данных и составлен атлас, включающие в себя картографическое представление состояния, распределения и динамики изученных водных организмов и среды их обитания в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища.

Kuzmina Kristina Artemovna (Russian Federation)

Assessment of the current ecological status of various parts of the Volga reach of the Kuibyshev reservoir

The work is devoted to the study of the current ecological status of the Volga reach of the Kuibyshev reservoir under the conditions of anthropogenic impact on a number of indicators: phytoplankton, zooplankton, zoobenthos.

The values of the main physicochemical, hydrochemical and hydrological parameters of the environment were established, the current state of aquatic communities (phytoplankton, zooplankton, zoobenthos) was analyzed, the quality of water was assessed from the state of phyto- and zooplankton, approaches to the creation of thematic maps reflecting the current ecological state of Volzhsky were described of the Kuybyshev Reservoir under the conditions of anthropogenic impact, an electronic database was created and an atlas was compiled, which included a cartographic representation Lenie status, distribution and dynamics of the studied aquatic organisms and their habitat in the Volga reach of the Kuibyshev Reservoir.